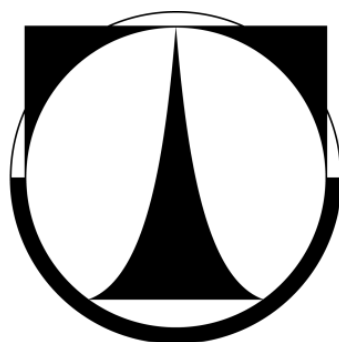


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



Diplomová práce

2012

Bc. Lukáš Pilvousek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Kolové dopravní a manipulační prostředky

Katedra vozidel a motorů

Elektromobil pro dvě osoby
An electric car for two people

Bc. Lukáš Pilvousek

KVM – KDMS – 646

Vedoucí DP: ing. Robert Voženílek, Ph.D.

Konzultant DP: ing. Pavel Brabec, Ph.D.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 89

Počet tabulek 19

Počet příloh 8

Počet obrázků 43

Počet grafů 11

Datum: 23.5.2012



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Bc. Lukáš PILVOUSEK
studijní program	M2301 Strojní inženýrství
obor	2302T010 Konstrukce strojů a zařízení
zaměření	Kolové dopravní a manipulační stroje

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

ELEKTROMOBIL PRO DVĚ OSOBY

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Zpracujte rešerši koncepcí současných elektromobilů.
2. Zvolte vlastní koncepci elektromobilu, vyberte hlavní komponenty pohonu a vypočtete jízdní vlastnosti vozidla.
3. Vytvořte 3D model koncepce vozidla a výkresovou dokumentaci vybraných částí sestavy.
4. Cílem je použitelnost výsledků diplomové práce v projektu SGS 2826/115.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 23.5.2012

.....

Bc. Lukáš Pilvousek

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 23.5.2012

Bc. Lukáš Pilvousek

.....

Anotace

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TÉMA:

Elektromobil pro dvě osoby

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá koncepčním návrhem elektromobilu pro dvě osoby připravovaného na TUL. DP obsahuje přehled parametrů elektromobilů různých automobilových značek, bližší pohled na vybrané značky a jejich řešení. Obsahem je též vlastní návrh řešení: designové studie, návrh pohonu, baterií, převodů, ergonomie, rámu, náprav, řízení, brzd a vytvoření modelu pro přesnou zástavbu. Cílem bylo vytvoření použitelného konceptu pro projekt SGS 2826/115.

Klíčová slova: koncepce elektromobilu

DIPLOMA PROJECT

THEME:

An electric car for two people

ANNOTATION:

This thesis deals with the conceptual design of an electric car for two people. This concept is developing on the university TUL. Thesis provides an overview of electric parameters from the different cars manufactures and their solutions. The content is also custom design solutions: design studies, design of the electric motor, batteries, transmissions, ergonomics, frame, axles, steering, brakes and a model of accurate installation in the car. The aim was to create a concept for the next project, SGS 2826/115.

Keywords: conceptual design of an electric car

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu ing. Robertu Voženílkovi, Ph.D. za celkové vedení práce, její obsahové nasměrování, řadu podnětných rad, zkušeností a v neposlední řadě za konzultaci návrhu textu práce a sdělené připomínky.

Poděkování také patří panu ing. Janu Dědkovi za pomoc při designových studiích, pomoci při řešení problémů a za mnohé náměty.

Další velké poděkování patří panu ing. Pavlovi Jandurovi za pomoc při výběru elektrických součástí.

V neposlední řadě patří dík mé celé rodině a přátelům, kteří mi byli oporou během celé práce.

Obsah

Obsah	5
1 Seznam použitých symbolů a zkratk	9
2 Úvod	11
3 Přehled výrobců a parametrů elektromobilů	14
4 Škoda Octavia jako příklad komerčně využitelného vozu	17
4.1 Rekuperace energie	18
4.2 Technologie	19
5 Audi koncept jako příklad futuristické studie	20
5.1 Exteriér	21
5.2 Interiér	22
5.3 Technologie vozu	23
5.4 Bezdrátové dobíjení	24
6 Hlavní použití a požadavky kladené na vůz	25
7 Elektromotory v kolech	25
7.1 Závěry pro použití diskových elektromotorů	27
8 Elektromotor	27
8.1 Charakteristika elektromotoru	28
9 Moje koncepty	30
9.1 1. Varianta - Futuristická tříkolka	31
9.2 2. Varianta	33
9.3 3. Varianta	34
9.4 Finální koncept	35
10 Jízdní odpory	38
10.1 Odpor vzduchu	38
10.2 Odpor valení	40
10.3 Odpor stoupaní	41

10.4	Odpor zrychlení	41
11	Vlastnosti vozidla	42
11.1	Hnací charakteristika	42
11.2	Charakteristika stoupavosti	43
11.3	Charakteristika zrychlení.....	44
11.4	Dynamická charakteristika	45
12	Baterie	45
12.1	Typy – srovnání nejpoužívanějších typů baterií.....	46
12.2	LiFePO4	46
12.3	Ochrana baterií	47
12.4	Nabíjení	47
12.4.1	Doba nabíjení elektromobilu.....	48
12.5	Řazení zapojení zdrojů	49
12.6	Sestava použitých baterií.....	49
13	Dojezd elektromobilu	51
13.1	Příklad výpočtu dojezdu	51
13.2	Dojezd elektromobilu při použití jiných kapacit baterií.....	53
14	Převody	53
14.1	Charakteristika otáček na rychlosti	54
14.2	Schéma převodů	55
15	Ergonomie.....	56
15.1	Geometrie vnitřního prostoru	56
15.2	Velikost použité figuríny 95% muže.....	57
15.3	Usazení figurín do vozidla.....	58
16	Rám	58
16.1	Použitelné typy rámu	59
16.2	Koncept rámu	60

17	Nápravy.....	60
17.1	Použitelné typy náprav	62
17.2	Nápravy konceptu.....	63
17.2.1	Dynamika náprav	65
17.2.2	Matematický popsání situace	65
17.2.3	Model Matlab Simulink	66
17.2.4	Výsledky modelu	68
18	Řízení.....	70
18.1	Převodky řízení a jejich typy	71
18.2	Řízení všemi koly	72
18.3	Řízení konceptu	73
18.4	Manévrovací schopnosti vztažené k obrysu vozidla	75
19	Brzdy	77
19.1	Brzdy konceptu.....	78
19.2	Umístění brzdné soustavy	78
20	Pohledy.....	79
20.1	Horní – Top package	79
20.2	Čelní – Front package.....	79
20.3	Čelní – Back package	80
20.4	Boční–Side package	80
20.5	Spodní – Bottom package.....	81
20.6	3D.Pohledy	81
21	Závěr	84
22	Seznam literatury	87
23	Seznam obrázků.....	88
24	Seznam tabulek	89
25	Seznam grafů.....	90

26 Seznam příloh	90
25.1 Příloha 1: Interiér/Exteriér.....	91
25.2 Příloha 2: Použitelné typy rámců	92
25.3 Příloha 3: Použitelné typy náprav	94
25.4 Příloha 4: Brzdy.....	97
25.5 Příloha 5: AO výkres sestavy automobilu s předním pohonem	98
25.6 Příloha 6: AO výkres sestavy automobilu se zadním pohonem	98
25.7 Příloha 7: A3 výkres hnací řemenice automobilu	98
25.8 Příloha 8: A3 výkres hnací řemenice automobilu	98

1 Seznam použitých symbolů a zkratek

symbol	význam	jednotka
m	hmotnost	[kg]
g	gravitační zrychlení	[m.s ⁻¹]
f	součinitel valení	[-]
ρ	hustota vzduchu	[kg.m ⁻³]
S _x	plocha vozu	[m ²]
C _x	součinitel	[-]
V	rychlost	[m.s ⁻¹]
α	úhel stoupání	[°]
i _c	celkový převod	[-]
η _c	celková účinnost	[-]
R _d	radiální poloměr kola	[m]
a	zrychlení vozidla	[m/s ²]
Θ	součinitel vlivu rotačních částí	[N]
O _V	odpor vzduchu	[N]
O _f	odpor valení	[N]
O _s	odpor stoupání	[N]
s	sklon svahu	[%]
O _a	odpor zrychlení	[N]
BLDC	synchronní elektromotor s elektronickou komutací	
PCM	Protective Circuit Module	
U	napětí	[V]
P _k	výkon na kole	[W]
P _e	výkon motoru	[W]
F _k	síla na kole	[N]
v	rychlost	[km/h]
RPM	otáčky motoru	[1/min]
I	proud	[A]
T	teplota	[°C]
C	Kapacita článku	[Ah]
K _s	Počet článků	[kus]
A	Práce baterií	[Wh]

i_r	převodové číslo	[-]
r	poloměr kola	[m]
s	dráha	[km]
t	čas	[hod]
R	elektrický odpor	[Ω]
b	konstanta tlumení	[Ns/m]
k	konstanta tuhosti	[N/mm]
β_P	střední úhel natočení kol řízení	[°]
β_v	úhel natočení volantu	[°]
Rozměrové zkratky		[mm; m]

2 Úvod

Vlivem zvyšující se ceny pohonných hmot, získávaných ze stále hůře dostupných zdrojů se hledají nové způsoby osobní, ale i komerční přepravy. Trendy se ubírají směrem úprav spalovacích motorů nejen na různorodá paliva, ale i na spalování různých kombinací pohonných směsí. Zákazník klade hlavní důraz na cenu paliva, jeho minimální spotřebu, dlouhou životnost motoru a jeho mechanických částí a zároveň také očekává dobré jízdní vlastnosti v podobě solidního a přiměřeného výkonu motoru. Tyto aspekty nutí výrobce automobilů vynakládat prostředky na inovace svých motorů. V současné době je hlavním trendem zvyšování výkonu, zmenšování spotřeby a emisí. Jak současné trendy ukazují, koncepce spalovacích motorů má své limity a výrobci přicházejí na trh s novinkami v podobě zcela jiných koncepcí, jako jsou hybridní pohony nebo ryzí elektropohony.

Elektromobily se zdají na první pohled jako nejlepší a nejekologičtější způsob dopravy. Avšak tyto elektricky poháněné automobily s sebou nesou vedle nesporných výhod i celou řadu problémů. Velkou výhodou této koncepce jsou malé náklady na provoz, další výhodou jsou samotné elektromotory. Elektromotory disponují velice dobrými výkonovými parametry a velice příznivou jízdní charakteristikou při zachování velice kompaktní zástavby. Elektronické systémy řízení jsou na vysoké úrovni a je tak tedy možné pohánět každé kolo svým vlastním elektromotorem, což umožňuje zároveň i bezproblémové řízení motorů na úrovni diferenciálů. Lze i předpokládat, že poměrně vysoká pořizovací cena by se zavedením sériové výroby klesla na přijatelnější hodnoty.

Velký důraz klade legislativa na snižování CO₂ ve výfukových plynech. Elektromobily nespalují žádnou směs a tudíž nejsou zdrojem znečištění. Je nutné si ale na druhou stranu uvědomit, že elektrická energie vzniká v elektrárnách a ty již zdrojem škodlivin jsou. Se zvyšující se poptávkou po elektrické energii pro dopravu by tak rostly i požadavky na výrobce elektřiny a zvýšení kapacity zdrojů. Lze předpokládat, že by se tento požadavek ubíral směrem realizace tepelných a jaderných elektráren. Současné ekologické elektrárny, využívající k výrobě přírodních zdrojů (větrné, vodní elektrárny) by

nedokázaly uspokojit poptávku. Z hlediska kapacity pohonu jsou elektromobily pro širší uplatnění zatím brzděny nedostatečnými zdroji energie. Baterie nemají dosud dostatečně velkou zásobu energie při přijatelných rozměrech a hmotnostech. Vozidla se proto jednoúčelově zaměřují na specifická použití, jako závodní auta, městská vozidla a například i jako vozidla pro zábavu a volný čas. Dalším problémem je i doba dobíjení. Zákazník si zvykl na poměrně rychlé odbavení u čerpací stanice a určitě nebude chtít čekat v dobíjecí stanici několik hodin na dobití vozidla. Tento fakt směřuje k zavádění stanovišť umožňujících kombinaci způsobů dobíjení z hlediska času nebo stanovišť ryze rychlonabíjecích. I přes poměrně krátké doby rychlodobíjení se nepohybujeme ani zdaleka v časech strávených při tankování klasických vozidel. Předpokladem využití takového vozu je tedy denní použití na krátké příměstské vzdálenosti, kdy doba nabíjení koresponduje s předpokládanou dobou odstávky vozidla. V současné době nejsou k dispozici veřejné dobíjecí stanoviště. To vede k odkázání majitelů elektrických vozidel na dobíjení z vlastních zdrojů. Předpokladem je, že majitel vozidla bude mít vlastní, soukromý prostor k zaparkování a dobití svého vozidla. Tímto faktem jsou tak elektrická vozidla předurčena převážně pro majetnější obyvatele. Je nutné si uvědomit, že obyvatelé na sídlištích mají problém najít si pro své vozidlo parkovací místo, natož se zabývat problematikou dobíjení, která by v těchto podmínkách byla spojena s mnoha dalšími problémy. Lze předpokládat snížený zájem těchto lidí o tento způsob přepravy, což je v rozporu s předpokladem použití vozidel pro městský provoz.

Celá řada omezení, současná vysoká pořizovací cena a problémy spojené s užíváním elektromobilu způsobují nedostatečný zájem motoristické veřejnosti o tyto vozy. Proto výrobci představují dosud většinu elektrovozidel jako odvážné, moderní až futuristické koncepce. Výrobci na těchto vozech představují svoje nejmodernější technologie a postupy. Tyto vozy jsou zpravidla vyrobené z inovativních materiálů a za použití nestandardních technologií.

I přes veškeré problémy spojené s koncepcí „elektromobil“ je však určitě nutné věnovat pozornost tomuto odvětví. V budoucnosti lze díky

technickému pokroku předpokládat razantní zlepšení parametrů baterií, tím i zvýšení dojezdů, zkrácení dob dobíjení, dosažení přijatelnějších pořizovacích cen a v neposlední řadě lze i očekávat značný rozvoj výstavby dobíjecích stanovišť (Audi např. vyvíjí bezdrátové dobíjení, což by vedlo k odstranění problému dobíjení v sídlištích).

3 Přehled výrobců a parametrů elektromobilů

Výrobce	Motor	Převod	Baterie	Regulace	Parametry	Výroba
Lightning GT	4x stejnosměrný bezkontaktní s permanent NEODYM magnetem v každém kole 120kW (Hi-Pa Drive™)	ŽÁDNÝ, páka s el. kontaktem na změnu polarity	BEZÚDRŽBOVÉ, Li-Ion NanoSafe™ 22 modulů po 14.8V 55Ah (US company Altairmano Inc.)	pulzní procesorem řízená umístěná v každém z motorů přímo v kole (PML Flightlink Ltd.)	max. rychlost: 260km/h max. dojezd: 400km	5 kusů, od roku 2007, sériová výroba začne 2008
TESLA Roadster	Motor třífázový synchronní 4 pólový s PERMANENT magnetem 185kW (TESLA AC Propulsion)	2 stupně vpřed s integrovaným diferenciálem, zpátečka elektronickou změnou otáčení motoru	Li-Ion 6831 kusů po 3.7V řazeno serioparalelně (TESLA Motors)	frekvenční počítačem řízená (AC Propulsion)	max. rychlost: 200km/h max. dojezd: 350km	58 kusů, od roku 2006, stále se vyrábí
General Motors EV1	Motor třífázový synchronní 4 pólový s PERMANENT magnetem 102kW (pro GM vyrobila AC Propulsion)	1 trvalý vpřed s integrovaným diferenciálem, zpátečka elektronickou změnou otáčení motoru	BEZÚDRŽBOVÉ, 1. generace olovo gel 26 kusů po 12V, 2. generace Ni-MH 26 kusů po 13.2V (OVONIC)	frekvenční počítačem řízená (pro GM vyrobila AC Propulsion)	max. rychlost: 130km/h max. dojezd: 1. generace (olověné baterie) 150km, 2. generace (Ni-MH) 250km	1100 kusů, od roku 1996 do 2002, v roce 2003 VŠECHNY sešrotovány
MITSUBISHI LANCER	4x stejnosměrný s permanent NEODYM magnetem v každém kole 50kW (MIEV Toyo Denki Seizo)	ŽÁDNÝ, zpátečka tlačítkem - změna polarity	BEZÚDRŽBOVÉ, Li-Ion 22 modulů po 14.8V 55Ah, každá je ze 4 buněk po 3.7V (Panasonic)	IGBT tranzistory pulzní procesorem řízená (Panasonic)	max. rychlost: 180km/h max. dojezd: 180km	7 kusů, od roku 2005, určeno na závody a výstavy, vývoj pokračuje

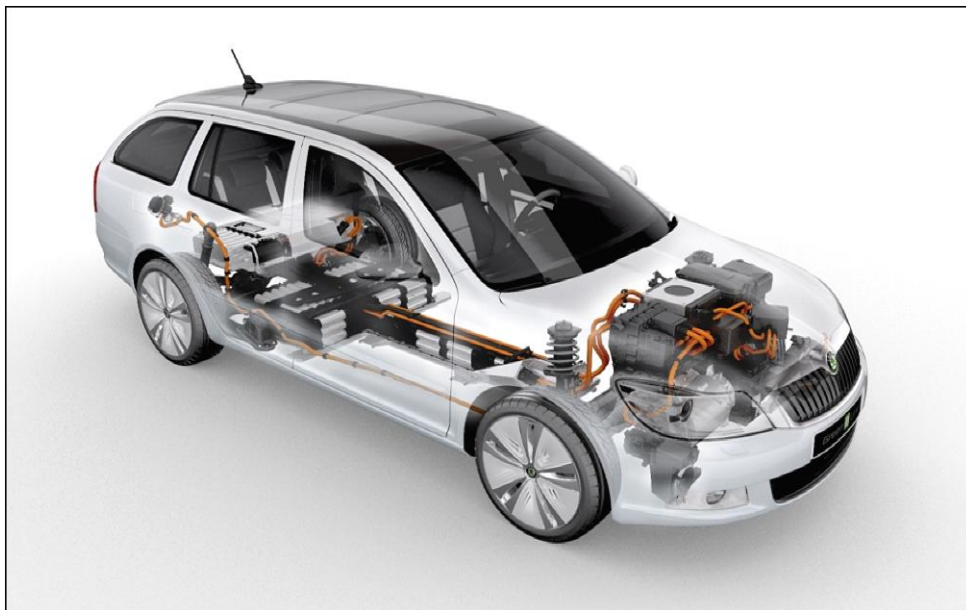
Výrobce	Motor	Převod	Baterie	Regulace	Parametry	Výroba
TOYOTA RAV 4EV	stejnoseměrný s permanentním NEODYM magnetem 45kW (Toyota)	1 TRVALÝ + uzávěrka diferenciálu, zpátečka tlačítkem - prohozením polarity	BEZÚDRŽBOVÉ, NiMH 24 kusů po 13,2V 95Ah (Panasonic)	IGBT tranzistory pulzní procesorem řízená (Panasonic)	max. rychlost: 130km/h max. dojezd: 200km	980 kusů, od roku 1998 do 2002, v roce 2003 část sešrotována
MITSUBISHI COLT	2x stejnosměrný s permanentním NEODYM magnetem v obou zadních kolech každý 20kW (MIEV)	ŽÁDNÝ, zpátečka pákou s kontaktem na změnu polarity	BEZÚDRŽBOVÉ, Li-ion 22 modulů po 14,8V 40Ah, každá je ze 4 buněk po 3,7V (Panasonic)	IGBT tranzistory pulzní procesorem řízená (Panasonic)	max. rychlost: 150km/h max. dojezd: 150km	5 kusů, od roku 2004 do 2005, již se nevyrábí
Mercedes Benz VITO 108E	třířázový asynchronní s oddělenými výstupy 40kW (Siemens)	MANUÁLNÍ 5 stupňů + zpátečka	BEZÚDRŽBOVÉ, Na/NiCl 20 kusů po 12V, 115Ah, sada váží 410kg (Zebra Z5 Švýcarsko)	frekvenční (AEG)	max. rychlost: 120km/h max. dojezd: 130km	26 kusů, od roku 2000 do 2002, již se nevyrábí
SMART EV Daimler/MercedesBenz UK	stejnoseměrný bezkomutátorový 55kW (Zytek Group)	1 trvalý + mechanická zpátečka řízená elektricky	BEZÚDRŽBOVÉ 278V, 1.verze: Sodium-NickelChloride(ZEBRA), 2.verze: Lithium ion SuperPolymer(Zytek)	IGBT tranzistory pulzní procesorem řízená (Zytek Group)	max. rychlost: 120km/h max. dojezd: 120km	pokusná série 200 kusů, 100ks v roce 2006, 100ks ve 2007
TATRA (Škoda) BETA EL	třířázový asynchronní s oddělenými výstupy 40kW max. (Škoda Plzeň)	1 TRVALÝ + zpátečka pákou s kontaktem na elektronickou změnu	S OBČASNOU údržbou, NiCd 30 kusů po 6V 100Ah (Saft)	frekvenční PWM přes AC měnič (Elektroprístroj)	max. rychlost: 100km/h max. dojezd: 120km	100 kusů, od roku 1994 do 1997, již se nevyrábí

Výrobce	Motor	Převod	Baterie	Regulace	Parametry	Výroba
PEUGEOT Partner / CITROEN Berlingo electrique	stejnoseměrný s oddělenými výstupy 28kW (Leroy-Somer)	1 TRVALÝ, + zpátečka - páka s el. kontaktem na změnu polarity	S PRAVIDELNOU kontrolou vody. NiCd 27 kusů po 6V 100Ah (Saft)	pulsní tranzistory počítačem řízené (Sagem)	max. rychlost: 95km/h max. dojezd: 120km	1800 kusů, od roku 1994 do 2005, již se nevyrábí
RENAULT Clio Electrique	stejnoseměrný s oddělenými výstupy 27kW (RENAULT CEMEL)	1 TRVALÝ, + zpátečka - páka s el. kontaktem na změnu polarity	nejprve OLOVO 8 kusů po 12V 160Ah (Varta) později 19 kusů Ni-Cd (SAFT) po 6V 100Ah	pulsní - tyristory řízeno počítačem (Renault)	max. rychlost: 110km/h max. dojezd: 80km (s Ni-Cd bateriemi až 100km)	1000 kusů, od roku 1991 do 1996, již se nevyrábí
FIAT Panda ELETTRA Itálie	stejnoseměrný sériový původně 9,5 kW, později 14 kW (FIAT)	MANUÁLNÍ 4 stupně + zpátečka	S PRAVIDELNOU údržbou, olovo 14 kusů po 12V 160Ah (Varta)	pulsní - tyristory (Panasonic)	max. rychlost: 100km/h max. dojezd: 70km	150 kusů, od roku 1990 do 1992, již se nevyrábí
PEUGEOT 106 / CITROEN Saxo electrique Francie	stejnoseměrný s oddělenými výstupy 20kW (Leroy-Somer)	1 TRVALÝ, zpátečka tlačítkem - změna polarity	S PRAVIDELNOU kontrolou vody. NiCd 20 kusů po 6V 100Ah (Saft)	pulsní tranzistory počítačem řízené (Sagem)	max. rychlost: 95km/h max. dojezd: 110km	2500 kusů, od roku 1994 do 2003, již se nevyrábí
VW GOLF City Stromer Německo	trífázový synchronní s PERMANENT magnetem 22kW (Siemens)	MANUÁLNÍ 5 stupňů + zpátečka	BEZÚDRŽBOVÉ Pb gelové 16 kusů po 6V 160Ah (VARTA)	frekvenční počítačem řízená (Siemens)	max. rychlost: 110km/h max. dojezd: 90km	300 kusů, od roku 1994 do 1998, již se nevyrábí

Tab. 3-1: Přehled výrobců a parametrů elektromobilů (1)

4 Škoda Octavia jako příklad komerčně využitelného vozu

Tuzemský výrobce automobilů, Škoda Auto, přizpůsobuje svoji produktovou řadu celosvětovým trendům na produkci vozů s minimálními dopady na životní prostředí a na minimální produkci skleníkových plynů. Hlavní roli budou hrát modely označené Green Line, jejichž představitelem je plně elektrická Octavia Green E-Line. (Obr. 4-1)



Obr. 4-1: Package Škody Octavie

Elektricky poháněná Octavia zrychlí z 0 na 100 km/h přibližně za dvanáct sekund a její maximální rychlost je elektronicky omezena na 135 km/h. Jeden z hlavních parametrů je dojezd. Dojezd E-Octavie je 140 kilometrů, což se na první pohled může zdát málo, ale většině Evropanů denně dojíždějících do práce autem to bude vyhovovat i se započtením cest za zábavou či nákupy. (2)

4.1 Rekuperace energie

Dojezd vozu Green E-Line samozřejmě záleží na jízdním stylu. Při brzdění motorem je kinetická energie zpětně přeměňována na elektrickou. Pokud tedy elektromobil brzdí motorem, dobíjí se akumulátor.

Při jízdě je možné volit 3 úrovně N, D a B.

N - označuje se jako neutrál - odpojení motoru pro zvětšení okamžitého dojezdu.

D - označuje volbu dopředného pohybu. Pro deakceleraci má 3 možné úrovně.

1. Úroveň má dva stavy.

1.1 Stav je tak zvané „plachtění“, kdy brzdný moment je redukován na minimum (maximální dojezd).

1.2 Stav je rekuperace, kdy je standardní brzdý moment využit na dobíjení baterie.

2. Úroveň – ze stavu „plachtění“ lze mírným sešlápnutím brzdového pedálu přejít na rekuperaci.

3. Úroveň – síla/stupeň rekuperace a s tím spojený brzdý moment lze nastavit prostřednictvím tlačítek („pádla“) pod volantem.

B – v této pozici není funkce „plachtění“ dovolena. Brzdý moment je maximálně možným způsobem využit pro rekuperaci. (3)

Pro zvýšení dojezdu Škoda Octavia umožňuje volbu 3 režimů jízdy: Normal, EKO, Range (Tab. 4-1).

Tab. 4-1: Režimy jízdy škody Octavia

	Normal	Eko	Range
Výkon motoru [kW]	85	60	50
Rychlost [km/h]	135	120	95
Klima/topení	Žádné omezení	omezeno	deaktivováno

Pokud se zásoba energie blíží k nule, dobíjí se lithium-iontový akumulátor pomocí normované zásuvky, která je kompatibilní se všemi nabíjecími stanicemi v Evropě. Při připojení na obvyklou síť o napětí 230 voltů trvá dobíjení zhruba 7 hodin, což odpovídá běžné noční odstávce vozu. Je-li k dispozici elektrický proud o napětí 400 voltů, postačí díky výkonné řídicí jednotce palubní elektroniky pouhé 2,5 hodiny. Dojezd může zvýšit i krátké dobití během přestávky na kávu nebo při nákupu v supermarketu. Přípojky pro dobíjecí kabel se jednak nachází v prohlubni masky chladiče za emblémem Škoda, který je možno za tímto účelem odklopit a také za stávajícím víčkem palivové nádrže.

4.2 Technologie

Místo tradičního spalovacího motoru zaujal elektromotor o trvalém výkonu 50kW a špičkovém výkonu 85 kW, který je ve voze centrálně uložen a pohání přední nápravu. Motor je vodou chlazený. Maximum točivého momentu je 270 Nm (na 4 sekundy) a 255Nm (na 60 sekund). Maximální otáčky jsou $n=12\,000$ ot/min. Motor je napájen z baterie umístěné pod střední a zadní částí podlahy a částečně i v zavazadlovém prostoru. Skládá se ze 180 lithium-iontových článků (průměr 150 mm, délka 650 mm) a má energii 26 kilowatthodin. Hmotnost baterie činí zhruba 315 kilogramů. Provozní teplota -25°C až $+55^{\circ}\text{C}$. Motor spolupracuje s jednostupňovou převodovkou o převodovém poměru $i = 9,81$.

Funkční jednotky, jejichž činnost je obvykle zajištěna spalovacím motorem, jsou v elektromobilu poháněny čistě elektricky. Platí to například pro klimatizaci (maximální výkon 7,4kW) nebo vytápění vozu (maximální výkon 6kW). I tato skutečnost významně ovlivňuje dojezd elektrické Octavie. Proto byla na minimum snížena spotřeba elektrického proudu všude tam, kde to bylo možné. Např. osvětlení interiéru využívá technologii LED diod. Střecha se svou panoramatickou skleněnou plochou poskytuje místo pro výrobu elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů. (3)

5 Audi koncept jako příklad futuristické studie

Audi urbanistický projekt (Obr. 5-1) je studie pro vozidlo určené do městské a metropolitní oblasti. Jde o elektricky poháněné vozidlo se čtyřmi koly a hmotností pouze 480kg. Toto vozidlo nezapadá do žádné současné automobilové kategorie. Audi koncept v sobě spojuje prvky závodního vozu, roadsteru, zábavného auta a vozidla do města. Má potenciál stát se inspirací pro nové formy mobility. Vůz, který nelze zařadit zcela nově definuje pojem "potěšení z jízdy". Audi urbanistický projekt se zaměřuje na čistou radost z jízdy a pocitu svobody. Zároveň nabízí elegantní design, vysokou úroveň technologie, sportovního ducha, vysoké pohodlí a bezpečnost uzavřeného automobilu, takže je mnohem lepší než skútry. Kabina konceptu Audi nabízí sedadla pro dvě osoby, střecha se otevírá posunutím do zadní části vozu. Vůz je na vysoké technologické úrovni, což je cílem značky. Audi, značka se čtyřmi kruhy vytváří tímto projektem zcela novou třídu vozidel v koncepci město. To také mimo jiné znamená výchozí bod pro budoucí řady Audielektrických vozidel, který je korunován R8e-Tron (vysoce výkonné sportovní auto). Studie je zaměřena na zájmovou skupinu lidí, kteří se zajímají o technologie a jsou nadšeni pro nové přístupy k mobilitě, bez ohledu na věk a postavení. (4)



Obr. 5-1: Audi urbanistický projekt

5.1 Exteriér

Audi urbanistický projekt má zcela nový design, který v sobě spojuje jak určité historické kořeny závodních vozů Auto Union z roku 1930 tak i moderní prvky motoristického sportu. Tyto vozy z roku 1930 byly ve své době velmi dobře koncepčně zvládnuty. Byly extrémně lehké a jejich motory byly umístěny v zadní části, kola těchto vozů byla velká a také vystupovala z karoserie, jako je to u současného modelu.

Vozidlo je lakované v bílé, s perleťovým efektem. Hlavní parametry dnešní technologické studie jsou: 3.219 mm délka, 1.678 mm šířka, ale výška jen 1.189 mm. Vozidlo obsahuje typické Tornádo-linie vozidel Audi (Obr. 5-2).

Charakteristický rám chladiče vozidel Audi obsahuje znak vozu. Tyto čtyři kruhy mají zajistit přístup ke skryté zásuvce pro nabíjení. Úzké LED diodové světlomety projektu vystupují z karoserie. Směrová světla představují LED diodové pásy podél blatníků (opisující celý blatník). Zadní světla a brzdové světlo jsou integrována do karoserie a jsou umístěna okolo horní části zadního okna. V zadní části vozu je malý zavazadlový prostor, který je dostupný povytažením, jako „šuplík“.

Střecha je pohyblivá (další inovativní nápad), a je tak jedinečným prvkem v konceptu Audiměsto. Princip spočívá v přichycení střechy k příčkám, které mohou být odsunuty rukou přes pevnou zadní část. Řidič tak může nechat střechu otevřenou či zavřenou a změnu polohy může provádět i během jízdy. Zatímco v zavřeném stavu kabina poskytuje samozřejmou ochranu před deštěm a chladným vzduchem, v otevřeném stavu poskytuje výjimečný zážitek z jízdy. Audi též vyvíjí druhou verzi karoserie jako alternativu k městskému konceptu a to ve verzi Spyder. (5)



Obr. 5-2: Exteriér vozu

5.2 Interiér

Vstup do konceptu Audi Urban je přes dozadu posuvnou střechu. Řidič a spolujezdec musí překročit přes boční okraj vozu, jako kdyby vstupovali do vany (nejsou žádné dveře). Vozidlo nabízí prostor pro dvě dospělé osoby. Řidič a spolujezdec sedí vedle sebe, avšak spolujezdec je posunut mírně dozadu. Tímto řešením Audi získalo dostatečný prostor v oblasti ramen a loktů. Sedadla jsou řešena jako pevná a jsou nedílnou součástí monocoque, která zajišťuje výrazné snížení hmotnosti. Bezpečnostní pásy procházejí výřezy v sedadlech. Řidič si může přesně nastavit pozici hliníkových pedálů a volantu, protože obě složky jsou řešeny jako teleskopické. Pedály lze posunout celkem o 22 cm, zatímco volant lze přesunout o 14 cm. Zajímavostí je sloupek řízení, ten je situován téměř vodorovně. Na vzdáleném konci sloupku řízení, je displej pro nejdůležitější informace. Malý, šestihranný volant obsahuje tlačítka a přepínače a váleček pro řízení různých systémů, včetně výběru Audi drive select módy pro elektrický pohon (Obr. 5-3).

Celý interiér technologie studie je podřízen přísnému diktátu ultra lehké konstrukce. Spíše než koberce jsou ve vozidle použity technické textilie. Tyto textilie byly původně vyvinuty pro sportovní obuv, která odpuzuje vodu a je velmi odolná. Sedadla, pokrytá látkou z pěnové podložky, jsou orámována

klokaní kůží. Hliníkové dekorace doplňují elegantní a moderní vzhled vozu. Posezení v konceptu Audi město je něco jako sedět v kokpitu drahého sportovního letadla. (5)



Obr. 5-3: Interiér vozu

5.3 Technologie vozu

Audi urbanistický projekt kladl velký důraz na technické pojetí. Vnější plášť karoserie je vyroben z uhlíkových vláken vyztužených polymerem (CFRP), prostor posádky je kombinací CFRP monocoque a hliníkové konstrukce. Tato ultra-lehká konstrukce je základem pro extrémně nízkou pohotovostní hmotnost (pouhých 480 kg). Díky nízké hmotnosti vozidla nevyžaduje řízení posilovač. Poloměr otáčení je méně než devět metrů, což představuje ideální parametr pro městské auto.

Sofistikovaný podvozek zdůrazňuje, že vozidlo je výrazně sportovní. Závěsy jsou vyrobené z kombinace hliníku a CFRP. Audi použilo 21-palcová kola z velmi lehkých slitin, které převzalo od modelu Audi e-Tron - Blade design. Rozměry pneumatik jsou tak neobvyklé, jako auto samo - 125/60 vpředu a 145/50 vzadu. Čtyři kotoučové brzdy poskytují dobré předpoklady pro brzdění. Audi myslelo i na bezpečnost. Vozidlo má vysokou míru pasivní bezpečnosti, deformační zóny vpředu a vzadu, dva airbagy a inovativní systém podpory ochrany chodců.

Baterie jsou umístěny napříč za sedadly. Lithium-ion baterie, která váží 90 kg, využitelné energie 7,1 kWh. Studie se dvěma elektromotory celkem produkují 15 kW (20 koní) při nepřetržitém výkonu a 47 Nm točivého momentu. Motory jsou umístěny mezi zadními koly, která jsou z převodovány přes jedno-rychlostní převodovku.

Audi urbanistický projekt má zrychlení 0 - 100 km/h na 16,9 sekundy a dosáhne 60 km/h v šesti sekundách. Vysoký točivý moment elektromotorů, který je plně k dispozici z nuly, umožňuje hbitý rozjezd. Nejvyšší možná rychlost je 100 km/h.

Akční rádius v evropském jízdním cyklu je 73 km. Baterie se dobije zcela za 20 minut při připojení na třífázový proud a přibližně za jednu hodinu při připojení na 230V v domácnosti. (5)

5.4 Bezdrátové dobíjení

Audi vyvíjí budoucí technologii bezdrátového bezkontaktního dobíjení (AWC) jako alternativu nabíjení z elektrické zásuvky. Základna pro nabíjení obsahuje cívky a měniče (AC/AC měnič), které by byly umístěny na běžném parkovacím místě. Toto parkovací místo by bylo připojeno k elektrické síti. Primární cívky umístěné v desce vytváří vysokofrekvenční střídavé pole. Proces nabíjení začíná automaticky, když vozidlo najedena desku. Střídavé magnetické pole indukuje střídavý proud přes vzduchovou mezeru v sekundárním vinutí, které je integrováno ve vozidle. Tento proud je usměrněn a přivádí se do elektrického systému vozidla, kde nabíjí baterii nebo spotřebiče, jako je například topení. Střídavé pole se vyrábí pouze v případě, že vozidlo stojí na desce, a tak nepředstavuje žádné nebezpečí pro lidi nebo zvířata. Nabíjení se automaticky zastaví, když je baterie plně nabita. Řidič může přerušit nabíjení kdykoli. Účinnost AWC je srovnatelná s jinými nabíjecími technologiemi. Dobíjení není ovlivněno deštěm, sněhem nebo ledem. Nová technologie umožňuje nabíjení elektrických vozidel jednoduše a velmi pohodlně. Novější verze této technologie by mohly být začleněny do dopravní infrastruktury, dodatečně pro garáže a do obytných ulic. (5)

6 Hlavní použití a požadavky kladené na vůz

Vozidlo je pro dvě osoby za sebou sedící. Je určeno pro jednoúčelově zaměřené využití a to zejména na dojíždění do práce a za nákupy. Primárním využitím elektrického vozidla je městská a příměstská oblast do maximální dojezdové vzdálenosti 100km na jedno nabití s plánovanou odstávkou přes noc. V nočních hodinách je vozidlo připojeno k 1 fázové nabíječce. Za dobu 9 hodin je vozidlo plně nabito a připraveno k rannímu využití. Předpokladem pro takovýto vůz je většinou pohyb rychlostí kolem 50km/h, s tím že je však možné dosáhnout maximální rychlosti až na 110km/h. Vozidlo je schopné překonat stoupavost do 20°. Při jízdě z kopce je motor schopen pro zvýšení dojezdu rekuperace energie. Hmotnost vozu bez posádky by neměla přesáhnout 800kg. V rámci předpokládaného krátkodobého využití pro jízdu po městě není vozidlo vybaveno topením či klimatizací, je ale požadavek na volný prostor pro případné doplnění těchto agregátů.

7 Elektromotory v kolech

Pro koncepci elektromotorů v kolech je nutné zvážit řadu komplikací, které s tímto řešením velice úzce souvisí.

1) Hmotnost celé soustavy kola (elektromotor je poměrně těžká součást) – má vliv na pohodlí jízdy. Pro cílového zákazníka je důležité pohodlí na cestách. Proto vozidlo, které bude mít špatně naladěný podvozek může být na trhu značně hendikepované.

2) Rozměr kola – při zástavbě do prostoru kola je nutné umístit následující součásti: elektromotor včetně přívodu chlazení, brzdy, uchycení kola na nápravy, systém odpružení a systém řízení kola.

3) Brzdy – velkým problémem je teplo vzniklé při brzdění, jelikož motor nesmí přesáhnout teplotu 160°C (demagnetizace). Ve spojení s malým prostorem pro zástavbu tak vyvstává značný problém jak toto teplo odvést. Chlazení vzduchem je z titulu velkého množství tepla nerealizovatelné, alternativa odvodu tepla chladicí kapalinou na vzájemně pohybující se díly

nese riziko častých poruch. Je možné automobil brzdit motorem, ale to ve výsledku též znamená teplo, které je nutné odvést.

4) Utěsnění elektromotoru – podvozek automobilu je značně namáhán vnějšími vlivy při jízdě po pozemních komunikacích od pevných hrubých nečistot, vody až po agresivní soli, které mají značně negativní vliv na všechny díly.

5) Porucha motoru – pohon vozidla vybaveného elektromotory v kolech znamená minimálně 2 motory na jedné nápravě. Tyto motory musí být ošetřeny tak, aby pracovaly jako diferenciál, což není problém takto zařídit. Značný problém je v případné poruše jednoho z motorů. Typická porucha je zkrat dvou vinutí, což ve výsledku znamená zvýšený odpor proti otáčení, který může způsobit destabilizaci vozidla.

6) Vibrace a rázy – magnety nejsou odolné proti velkým rázům, jsou křehké. Zde se nabízí řešení použít asynchronní motor, ten ovšem vychází 3x větší a těžší pro stejný výkon a moment.

7) Odtah vozidla – v současné době je největší slabinou elektromobilů dojezd. Vystává tak otázka zajištění odtahu elektromobilu v případě vyčerpání energie někde mimo dobíjecí centra. V případě připojení jiného vozidla za účelem odtahu motory budou generovat výkon v řádech kW. Tato skutečnost generuje otázku: „Jak spotřebovat tuto energii“? V případě použití pro dobíjení baterií, není toto vhodné z důvodu zatěžování tahače. V případě, že baterie budou odpojeny, vzniká problém, co se značnou energií. Je možnost doplnění spojky popřípadě volnoběžky mezi kolo a motor. V případě spojky nám přibývá další součást viz bod 1. V případě volnoběžky přijdeme o možnost rekuperace energie při jízdě.

8) Výměna zimních pneumatik – v zimních měsících je nutno automobil vybavit patřičnými pneumatikami. Snahou je samozřejmě jednoduchý úkon. V současné době již není trend výměny pneumatik svépomocí, ale čím dál více navštěvujeme autorizované servisy. Složitá demontáž kol by měla za následek navýšení provozní ceny a realizačních lhůt.

9) Defekt pneumatiky – v současné době se sice upouští od povinnosti vozit rezervní pneumatiku, nicméně pro případ použití kompletního rezervního kola by vyvstal problém s jeho zástavbou, resp. umístěním ve voze.

8) Problém s odcizením – je nutné brát ohled i na možnost zcizení kol. Diskový elektromotor obsahuje v sobě minimálně 5kg mědi a značné množství drahých magnetů. Tyto okolnosti zvyšují pravděpodobnost krádeže.
(6)

7.1 Závěry pro použití diskových elektromotorů

Diskový elektromotor v kole má více záporů a nedostatků, které převažují nad výhodami řešení. Prostor, který uvolníme ve voze odstraněním motoru a spojovacích hřídelí nepřinese zjednodušení a ani zvýšení spolehlivosti. Motor umístěný ve voze nezabírá velký prostor, proto jeho umístění v kole nepřinese ani výraznou úsporu místa pro baterie či posádku. Diskové motory pracují s poměrně velkými hodnotami proudu a napětí. To úzce souvisí s průřezem napájecích kabelů a s problémem vedení silových vodičů. Moderní futuristický vzhled pohonu vozidla elektrokoily nebude mít proto zřejmě (s ohledem na specifikovaná negativa) v praktické podobě uplatnění.

8 Elektromotor

Pro pohon vozidla jsem zvolil elektromotor díky malému zástavbovému prostoru, lehké konstrukci, vysoké účinnosti a vysokému výkonu. Elektromotor je vhodný pro použití v lehkých a středně těžkých dopravních prostředcích, jako jsou motocykly, osobní automobily, autobusy a středně těžké nákladní automobily. Motor může být využit i jako zdroj elektrické energie.

Navržený elektromotor je typu BLDC. Jedná se o synchronní motor s elektronickou komutací, s permanentními magnety v rotoru a s navinutými cívkami ve statoru. Otáčky jsou řízeny napětím. Motor je možno krátkodobě zatížit špičkovou hodnotou (Tab. 8-1) umožňující zvýšení výkonu a momentu (Obr. 10-1, Obr. 10-2). Motor je vybaven olejovým chlazením přispívajícím ke

zvýšení účinnosti a zároveň chránícím magnety před vysokými teplotami. To pro případ, aby při překročení limitní teploty 160°C (Curieova teplota) nedošlo k trvalé demagnetizaci magnetů a tím ke ztrátě funkčnosti motoru. Výhoda motoru BLDC je v jeho velikosti. V případném provedení jako asynchronní by pro stejné výkony a momenty vycházel 3x těžší než synchronní. (7)

Tab. 8-1: REMY HVH250-090-SOM

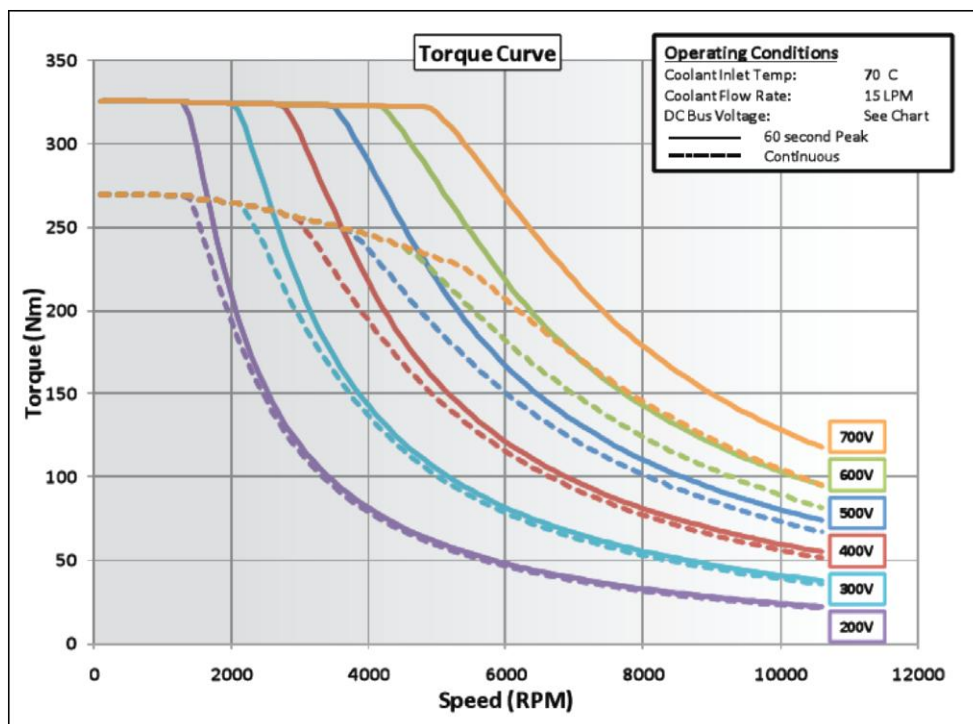
Typ	HVH250
Napětí [V]	200 až 700
RPM [1/min]	10600
Provozní výkon [kW]	40 - 60
Proud Continuous/Peak [A]	200/300
Max. teplota [°C]	160
Chlazení [l/min]	5
Účinnost [%]	94
Váha [kg]	33,5

8.1 Charakteristika elektromotoru

Charakteristika závislosti točivého momentu na otáčkách elektromotoru je uvedena na obrázku (Graf 8-1). Volil jsem napájení 300V (azurová křivka), protože je motor na tuto optimální hodnotu napájení navrhnut a navinut. BLDC motor má charakteristický momentový průběh a to:

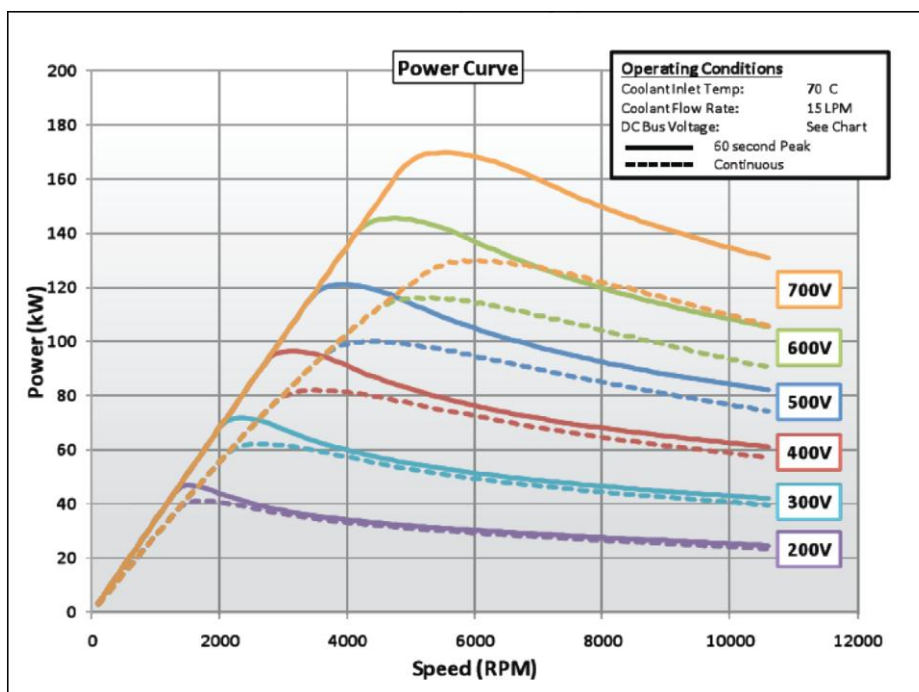
Oblast konstantního momentu – motor při zvyšování napětí až na jeho jmenovitou hodnotu drží konstantní moment.

Oblast konstantního výkonu - další zvyšování otáček je pak možné pouze v tzv. režimu odbuzování, v tomto režimu ovšem začne velmi výrazně klesat moment až k nule, zatímco otáčky rostou do nekonečna. Výkon v této oblasti zůstává přibližně konstantní, avšak účinnost výrazně klesá.



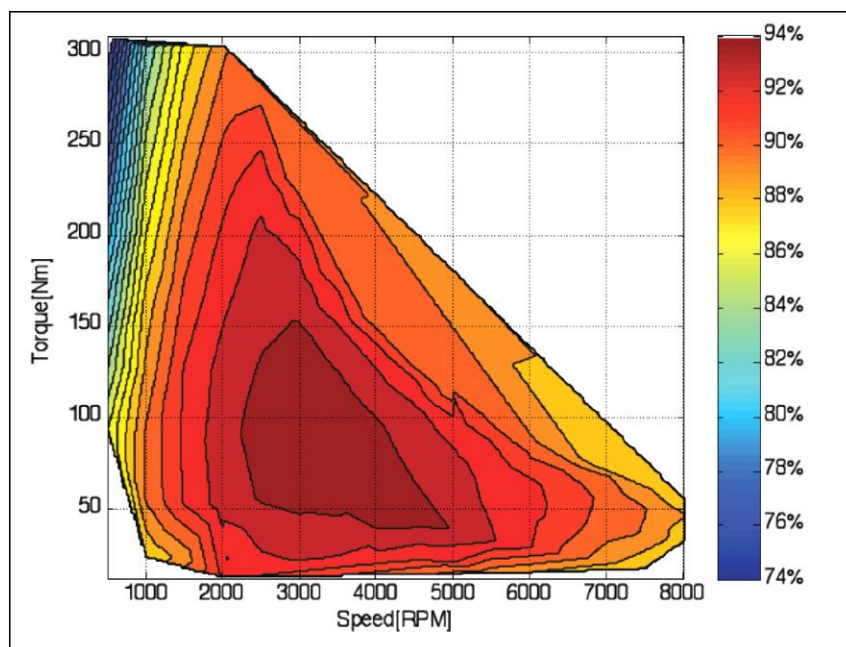
Graf 8-1: Graf závislosti momentu na otáčkách motoru

Charakteristika závislosti výkonu na otáčkách elektromotoru je uvedena (opět azurová křivka) na obrázku (Graf 8-2).



Graf 8-2: Graf závislosti výkonu na otáčkách motoru

Nejefektivnější použití elektromotoru je v oblasti jeho nejvyšší účinnosti (Graf 8-3). Při volbě jsem uvažoval jeden stálý převod. Převod jsem volil tak, aby se vozidlo pohybovalo rychlostí 50 – 90km/h a elektromotor pracoval v optimálním režimu.



Graf 8-3: Graf závislosti účinnosti na otáčkách motoru

Protože elektromotor není schopen pokrýt celou rychlostní oblast je nutné přistoupit ke kompromisu. Elektromotor pracující v celé oblasti rychlostí, by vycházel příliš rozměrný, těžký a drahý a proto jsem zvolil řešení menším elektromotorem, který pracuje při vysokých rychlostech v neoptimálním režimu odbuzení i za cenu nižší účinnosti. (8)

9 Moje koncepty

Při návrhu koncepce jsem se nechal inspirovat automobilkami vyvíjející elektromobily (např. viz kapitola 3 a 4), ale sledoval jsem i současné trendy u malých automobilů na spalovací motor. Mým cílem bylo navrhnout automobil, který by svými rozměry nepřevyšoval současná nejmenší dvoumístná vozítka (například Smart či první sériově vyráběný elektromobil Renault Twizy). Předpokladem bylo, že zákazník kupující takovýto vůz bude očekávat hbitost a skladnost při jízdě ve městě.

9.1 1. Varianta - Futuristická tříkolka



Obr. 9-1: 1. varianta – futuristická tříkolka

První návrh představoval futuristicky vyhlížející sportovní vozidlo v kombinaci moderních a historických prvků. Přední část vozu nese prvky předválečných historických vozů a zadní část je pojata více do moderního až futuristického stylu (Obr. 9-1).

V řešení by se vycházelo z předpokladů:

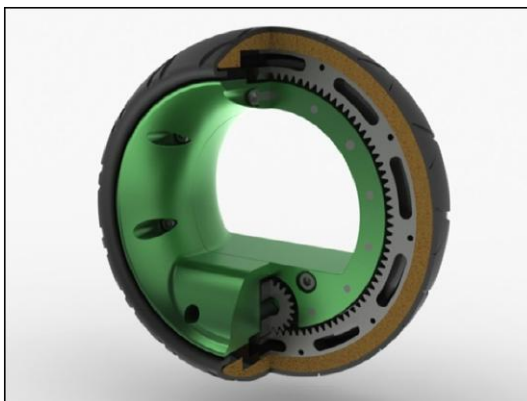
- Zcela otevřená karoserie s možností upevnění látkové střechy
- Primární použití pro jízdu bez střechy.
- Nastupování a vystupování vozidla přes sníženou boční stěnu
- Vozidlo voleno v koncepci bez dveří
- Rám složen z příhradové konstrukce (ocelové profily)
- V přední části nákladový prostor, uprostřed prostor pro posádku a v zadní části motorový prostor
- Směrové řízení voleno přední řiditelnou nápravou
- Typ přední náprava je typu “lichoběžníkové provedení” s tím, že předních kola se natáčí společně s blatníkem
- Typ zadní nápravy se více blíží uložení zadního kola motocyklu
- Pohonná jednotka umístěna za sedadlem spolujezdce v zadní části
- Elektromotor umístěn napříč
- Baterie vyplňují volný prostor v místech podlahy a místo pod zadním sedadlem

- Sedadlo spolujezdce je tak umístěno výše než sedadlo řidiče
- Výrazné atypické zadní hnací kolo

Pro zvýraznění futuristického vzhledu jsem zvažoval masivní zadní hnací kolo ve verzi Hubless Wheel (Obr. 9-2). Jedná se o nové moderní pojetí kol s použitím rozměrného ložiska, čímž kolo získá volný prostor ve středu (Obr. 9-3).



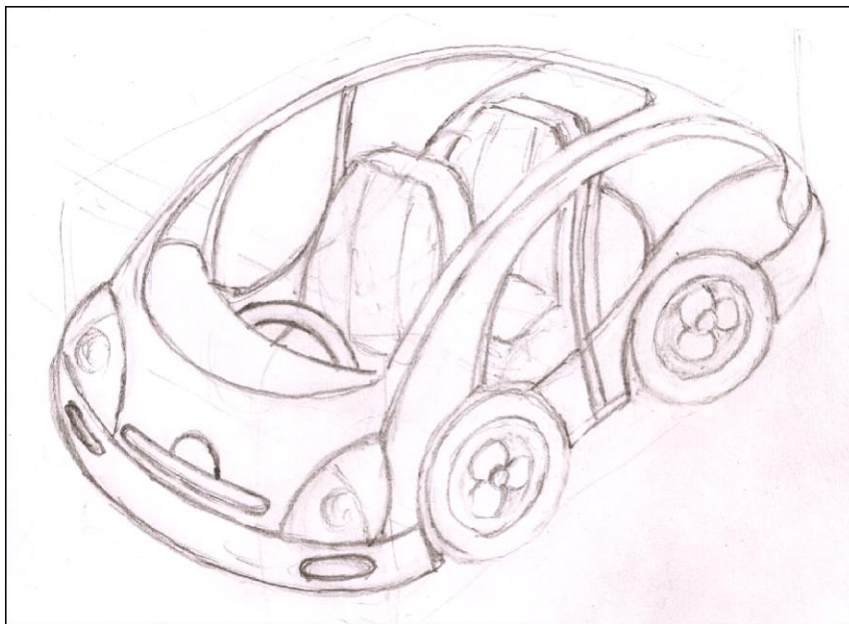
Obr. 9-2: Hubless Wheel - sestava (9)



Obr. 9-3: Hubless Wheel – částečný řez (9)

Při návrhu koncepce jsem se zabýval i možnou vyrobiteľností a optimální cenou. Po konzultování s firmou, která se zabývá vývojem Hubless Wheel, jsem od tohoto záměru odstoupil a to z důvodu, že toto kolo je v současné době ve stádiu vývoje a jeho cena je nepřiměřeně vysoká. Takto zvolená koncepce navíc postrádá v zadní části nákladový prostor a vozidlo vychází nepřiměřeně dlouhé.

9.2 2.Varianta



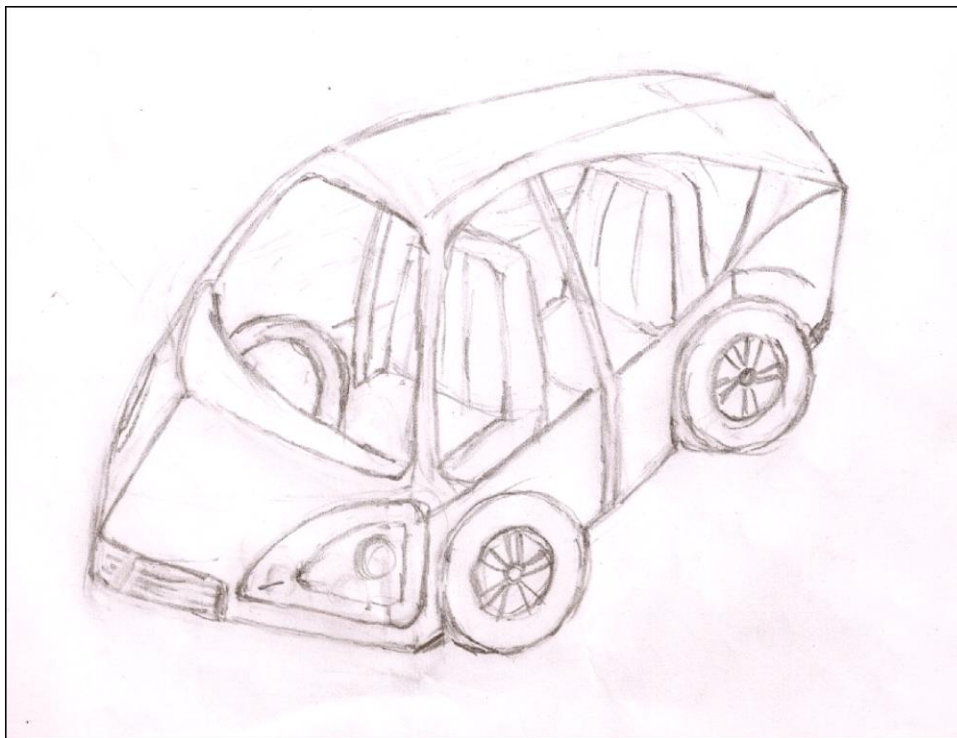
Obr. 9-4: 2.Varianta

Druhý návrh představoval variantu vozidla odpovídajícího současným konceptům malých městských vozidel. Hlavním výrazný prvek tohoto vozidla by byla velká panoramatická střecha, zaručující výborný výhled z vozidla při zachování komfortu uzavřené karoserie (Obr. 9-4).

V řešení by se vycházelo z předpokladů:

- Nastupování a vystupování vozidla prováděno dvěma dveřmi.
- Velké dveře se otvírají proti směru jízdy.
- Rám složen z příhradové konstrukce (ocelové profily)
- V přední části motorový prostor, uprostřed prostor pro posádku a v zadní části prostor pro zavazadla.
- Směrové řízení voleno přední řiditelnou nápravou
- Typ přední hnací náprava McPherson
- Typ zadní náprava v klikovém provedení
- Pohonná jednotka umístěna v přední části
- Elektromotor umístěn napříč
- Baterie vyplňují volný prostor v místech podlahy a zasahují do části zavazadlového prostoru.
- Řidič a spolujezdec sedí ve stejné výšce.

9.3 3. Varianta



Obr. 9-5: 3. Varianta

Třetí návrh vychází z 2. varianty. Hlavní výrazný prvek tohoto vozidla je změna v karoserii. Karoserie je sestavena výhradně z rovných ploch a je tvořena trojúhelníkovými a čtvercovými panely (Obr. 9-5). Změna oproti 2. variantě přinese výrazné ulehčení výroby.

V řešení by se vycházelo z předpokladů:

- Nastupování a vystupování vozidla prováděno dvěma dveřmi.
- Pro snazší vystupování jsou volena sedadla na otočných čepích
- Rám složen z příhradové konstrukce (ocelové profily)
- V přední části motorový prostor, uprostřed prostor pro posádku a v zadní části prostor pro zavazadla.
- Směrové řízení voleno přední řiditelnou nápravou
- Typ přední hnací nápravy McPherson, zadní náprava v klikovém provedení
- Pohonná jednotka umístěna v přední části, a to příčně
- Baterie vyplňují volný prostor v místech podlahy a zasahují do části zavazadlového prostoru.

9.4 Finální koncept

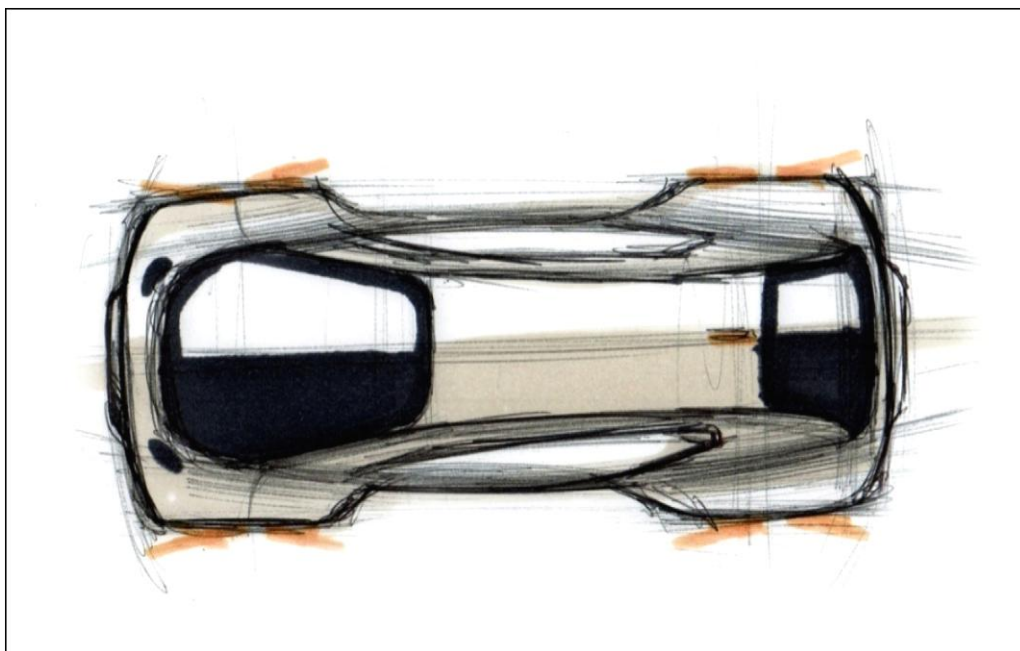
Výsledný návrh nese jisté prvky z prvních 3 variant. Představuje moderní městské vozidlo pro dvě osoby za sebou sedící. Grafická studie na rozvržení základního rozmístění posádky, nákladu a též designová studie je vyobrazena na obrázcích (Obr. 9-6-Obr. 9-10).



Obr. 9-6: Finální varianta (10)

Hlavní rozvržení vozidla

V přední části je mechanické řízení předních kol a prostor pro doplnění agregátu vytápění, popřípadě i klimatizace. Prostor posádky a nákladu je společný. Motor je možno umístit v přední nebo v zadní části vozidla. Baterie vyplňují volné prostory pod posádkou. (viz kapitola 18.Package) Elektrické vozidlo má prostor pro zavazadla v zadní části, o velikosti 32 l (pro pohon). Zavazadlový prostor se měří za použití předepsaných bloků. Rozměr těchto bloků je dán normou ISO 3822. Rozměr bloku A: 400x200x100 [mm] a Rozměr bloku B: 200x100x50 [mm].



Obr. 9-7: Skica pohledu ze shora (10)

Napájení

Vozidlo je vybaveno dvěma napěťovými okruhy. První hlavní okruh o napětí 300V slouží k napájení elektromotoru pro pohon vozidla. Druhý okruh o napětí 12V slouží k napájení palubní sítě.

Rám

Rám vozidla je tvořen příhradovou svařovanou konstrukcí. (Viz kapitola 16.Rám)

Podvozek

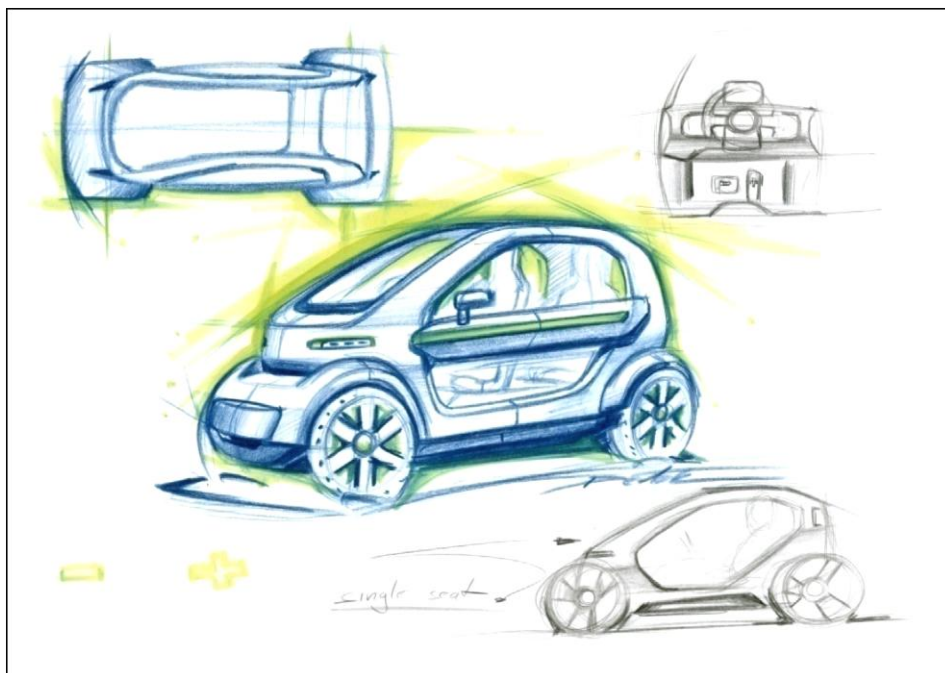
Vozidlo je vybaveno přední i zadní nápravou typu McPhearson. Tuto nápravu jsem volil z hlediska nekonfliktní zástavby, snadné dostupnosti náhradních dílů. Na obou nápravách jsou voleny nápravy typu McPearson z důvodů řízení všemi koly (Viz kapitola 17. Nápravy).

Řízení

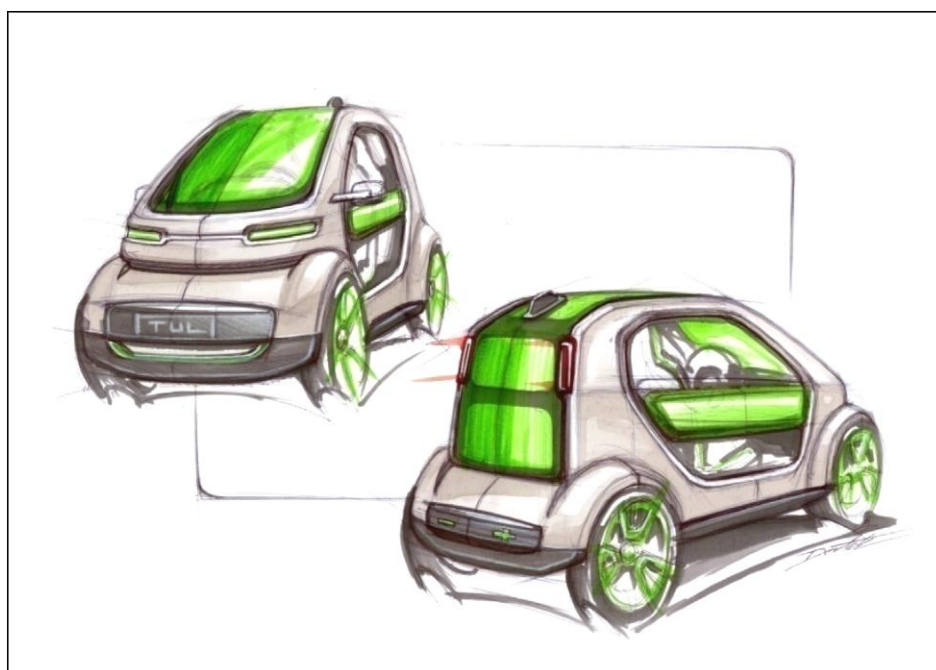
Vozidlo je vybaveno přední i zadní říditelnou nápravou. Přední kola mají mechanické řízení a zadní náprava je řízena elektrickými krokovými motory, popřípadě jinými systémy. V konceptu je vozidlo poháněno zadní nápravou (Viz kapitola 18. Řízení).

Brzdy

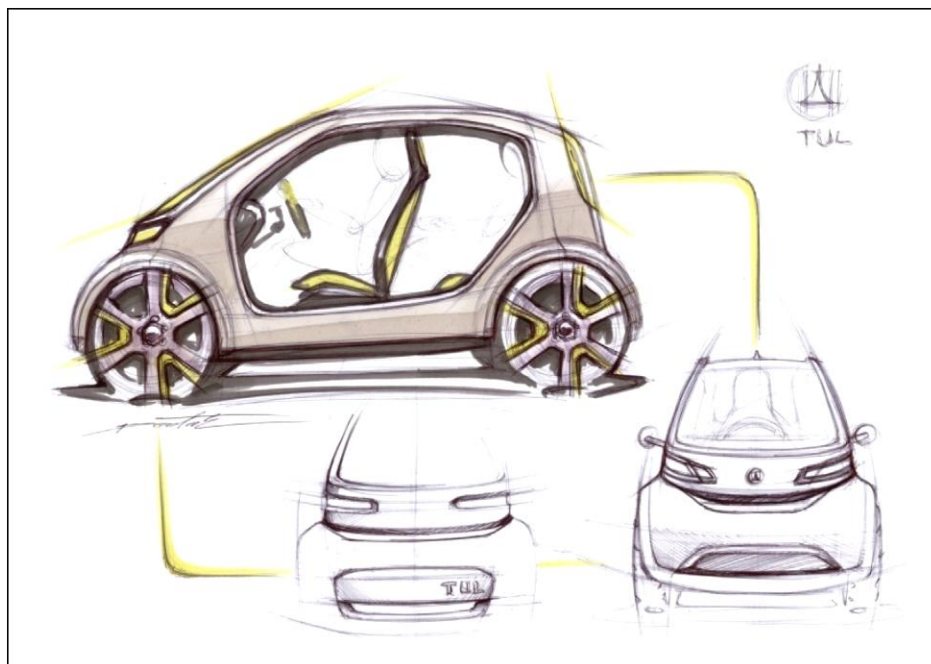
Brzdění na přední i zadní nápravě je zajištěno pomocí kotoučových brzd. Brzdy a nápravy jsem koncepčně volil z modelu Škoda Fabia, protože díky dobré dostupnosti náhradních dílů, lze podvozek snadno zkompletovat (Viz kapitola 19.Brzdy).



Obr. 9-8: Skica (10)



Obr. 9-9: Skica (10)



Obr. 9-10: Skica (10)

10 Jízdní odpory

Hlavní parametry vozidla jsou uvedeny v tabulce. Z těchto hodnot jsem sestavil charakteristiky a návrh pohonů (Tab. 10-1). Hodnoty jsem průběžně aktualizoval a tím upřesňoval výsledky.

Tab. 10-1: Základní parametry vozidla

Hlavní parametry elektromobilu	Jednotky	Hodnota
Hmotnost	m [kg]	725
Gravitační zrychlení	g [m.s^{-1}]	9,81
Součinitel valení	f [-]	0,015
Hustota vzduchu	ρ [kg.m^{-3}]	1,25
Plocha vozu	S_x [m^2]	1,92
Součinitel odporu vzduchu	C_x [-]	0,3
Rychlost	v [m.s^{-1}]	17,4
Úhel stoupání	α [$^\circ$]	0
Celkový převod	i_c [-]	5,5
Celková účinnost	η_c [-]	0,93
Radiální poloměr kola	Rd[m]	0,325

10.1 Odpor vzduchu

Odpor vzduchu je dán vířením vzduchu kolem vozidla a třením mezi vzduchem a karoserií. (11) V tom to odporu jsou také zahrnuty

aerodynamické vlastnosti vozidla, které jsou charakterizovány c_x součinitelem a čelní plochou vozu (Tab. 10-2).

Tab. 10-2: Obvyklé hodnoty pro odpor vzduchu a čelní plochu vozidel

Typ vozidla	c_x [-]	S_x [m ²]
Osobní automobily	0.25 – 0.4	1.6 – 2
Sportovní automobily	0.25 – 0.35	1.3 – 1.6
Nákladní automobily – tahače návěsů	1 – 1.2	9
Autobusy	0.5 – 0.7	5 -7

$$O_V = \frac{1}{2} \times c_x \times \rho \times S_x \times v_r^2 \quad (10-1)$$

$$N = - \times - \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \text{m}^2 \times \frac{\text{m}}{\text{s}}^2$$

S_x – čelní plocha vozidla [m²]

ρ – hustota vzduchu [kg/m³]

c_x – součinitel odporu vzduchu [-] – zjišťuje se v aerodynamickém tunelu

v_r – výsledná náporová rychlost [m.s⁻¹] – závisí na směru vanutí větru

Výsledné hodnoty pro výpočet odporu vzduchu (Tab. 10-3).

Tab. 10-3: Výsledné parametry vozidla pro odpor vzduchu

Parametry	S_x [m ²]	ρ [kg/m ³]	c_x [-]	v_r [m/s] => [km/h]
Volené hodnoty	1,92	1,25	0,3	17,4 =>62,6

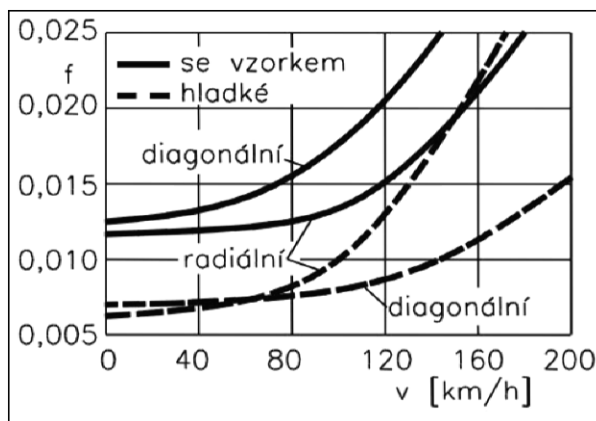
$$O_V = \underline{\underline{108,9 \text{ N}}}$$

10.2 Odpor valení

Odpor valení závisí na povrchu vozovky, rychlosti vozidla a tlaku v pneumatikách (Tab. 10-4, Graf 10-1). (11)

Tab. 10-4: Orientační tabulka pro součinitel odporu valení f

Povrch	Součinitel odporu valení f
Asfalt	0,01 – 0,02
Beton	0,015 – 0,025
Dlažba	0,02 – 0,03
Polní cesta	0,04 – 0,15
Travnatý terén	0,08 – 0,15
Sníh	0,2 – 0,3
náledí	0,01 – 0,025



Graf 10-1: Součinitel odporu valení f

$$O_f = G \times f \times \cos \alpha = m \times g \times f \times \cos \alpha \quad (10-2)$$

$$N = N \times - = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

G – tíha vozidla [N]

f – součinitel odporu valení [-]

m – hmotnost vozidla [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

α – úhel stoupání [°]

$\cos \alpha$ je zohlednění vlivu jízdy do kopce.

Výsledné hodnoty pro výpočet odporu valení (Tab. 10-5).

Tab. 10-5: Výsledné parametry vozidla pro odpor valení

Parametry	f [-]	m [kg]	g [m/s^2]	α [°]
Volené hodnoty	0,015	725	9,81	0

$$O_f = \underline{\underline{106,59 \text{ N}}}$$

10.3 Odpor stoupání

Je dán složkou váhy vozidla ležící v rovině rovnoběžné s povrchem vozovky. Odpor stoupání působí v těžišti. Plusová hodnota je jízda do svahu a minusová hodnota je jízda ze svahu. Sklon svahu se uvádí v procentech. Maximální stoupání: silnice 10% – 12%, pro dálnici max 6%. (11)

$$O_s = \pm G \times \sin \alpha = \pm m \times g \times \sin \alpha \quad (10-3)$$

$$N = N \times - = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times -$$

$$s = \tan \alpha \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} s$$

G – tíha vozidla [N]

α – úhel stoupání [-]

m – hmotnost vozidla [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

s – sklon svahu [%]

Výsledné hodnoty pro výpočet odporu stoupání (Tab. 10-6).

Tab. 10-6: Výsledné parametry vozidla pro odpor stoupání

Parametry	s [%]	m [kg]	g [m/s^2]
Volené hodnoty	0	725	9,81

$$O_s = \underline{\underline{0 \text{ N}}}$$

10.4 Odpor zrychlení

Je dán setrvačnými silami. (II. Newtonův zákon) (11)

$$O_a = m \times a \times \theta \quad (10-4)$$

$$N = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times -$$

a – zrychlení vozidla [m/s^2]

m – hmotnost vozidla [kg]

θ – součinitel vlivu rotačních částí [-]

Výsledné hodnoty pro výpočet odporu zrychlení (Tab. 10-7).

Tab. 10-7: Výsledné parametry vozidla pro odpor zrychlení

Parametry	a [%]	m [kg]	θ [°]
Volené hodnoty	0	725	1 – 1,5

$$O_a = \underline{\underline{0 \text{ N}}}$$

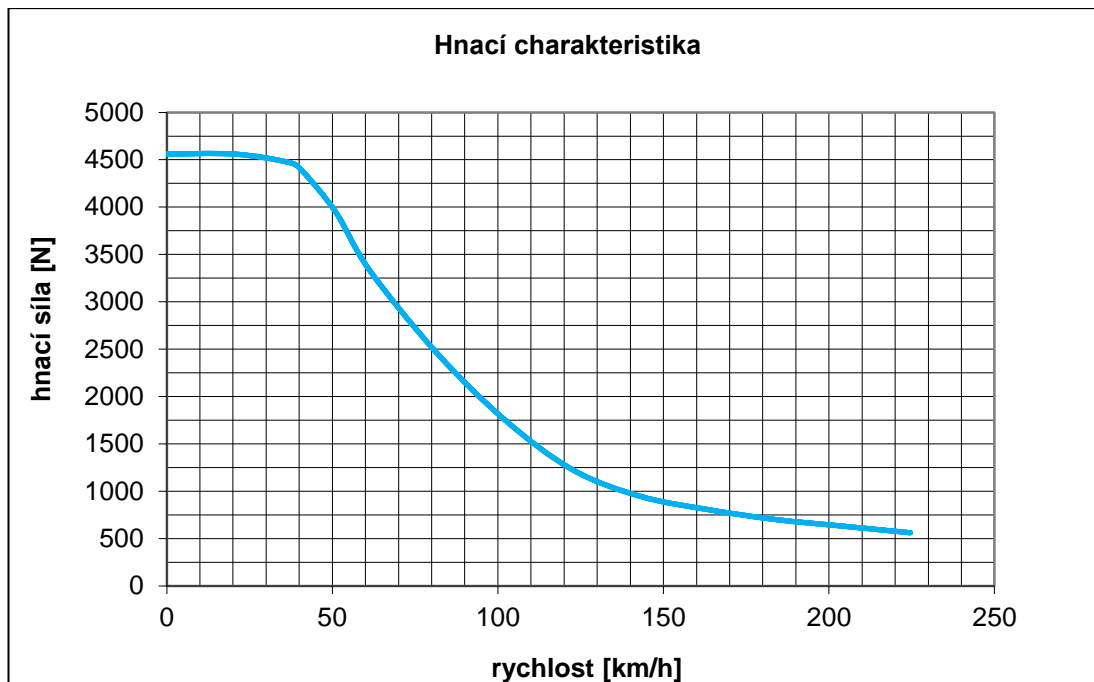
Odpor zrychlení a odpor stoupání jsem pro výpočet neuvažoval.

11 Vlastnosti vozidla

Ze známé hodnoty odporů, parametrů motoru a převodů jsem sestavil charakteristiky vozidla ze kterých je možno vyčíst jízdní vlastnosti. Díky výborné charakteristice elektromotoru vycházejí optimální hodnoty bez nutnosti použití vícestupňové převodovky. Hodnoty elektromotoru jsou vztaženy na trvalé zatížení (continuous), při krátkodobém přetížení (Peak) lze docílit o něco vyšší hodnoty.

11.1 Hnací charakteristika

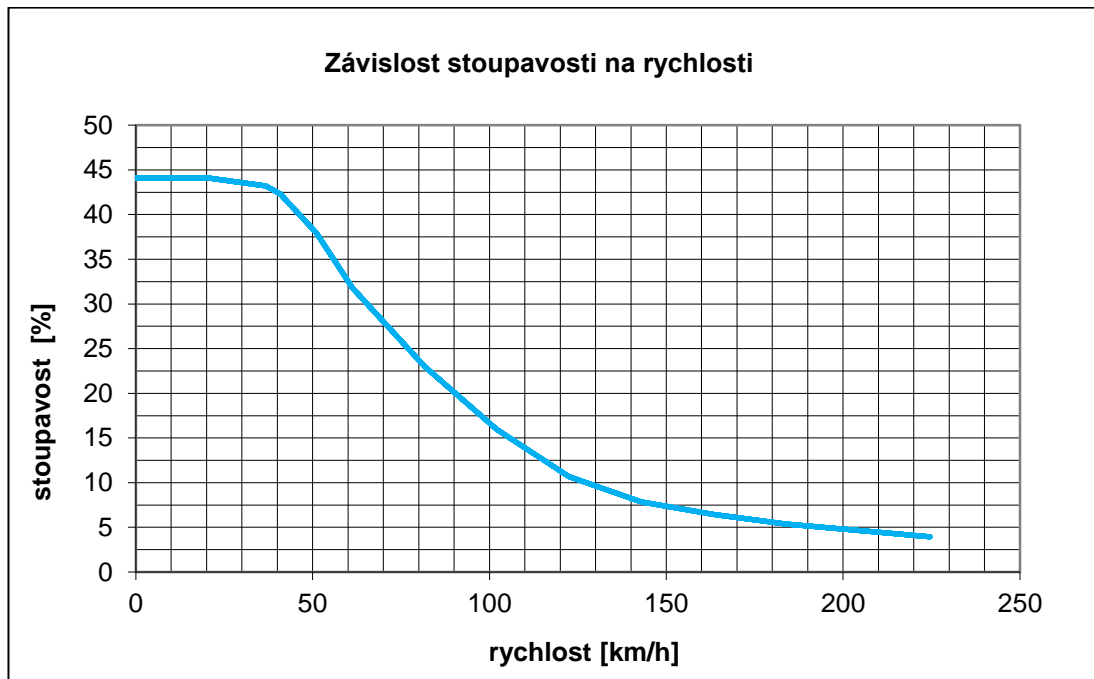
Z grafu je patrné optimální využití hnací síly (Graf 11-1). V nulových otáčkách máme k dispozici maximální točivý moment. Z grafu lze vyčíst maximální hnací sílu 4500N do rychlosti 50km/h.



Graf 11-1: Graf hnací charakteristiky

11.2 Charakteristika stoupavosti

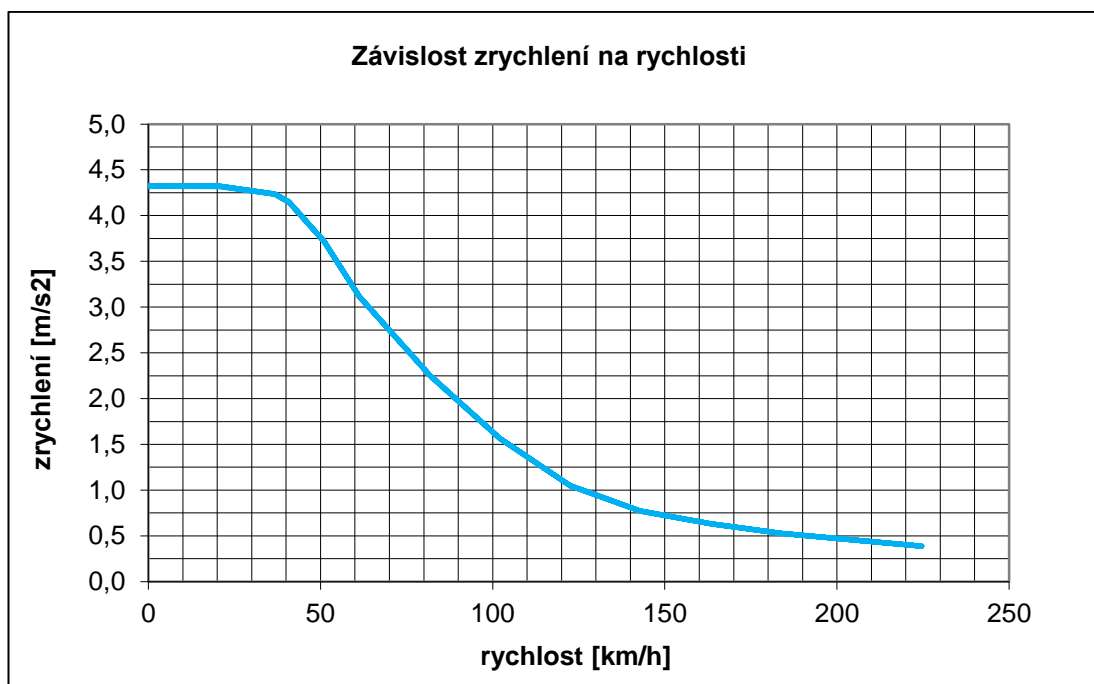
Z grafu je patrná maximální stoupavost 45% (Graf 11-2). Jde o teoretickou hodnotu, není zde zahrnut vliv přetížení zadní hnací nápravy při stoupání, což bude ve výsledku znamenat mírné zvýšení stoupavosti.



Graf 11-2: Graf závislosti stoupavosti na rychlosti

11.3 Charakteristika zrychlení

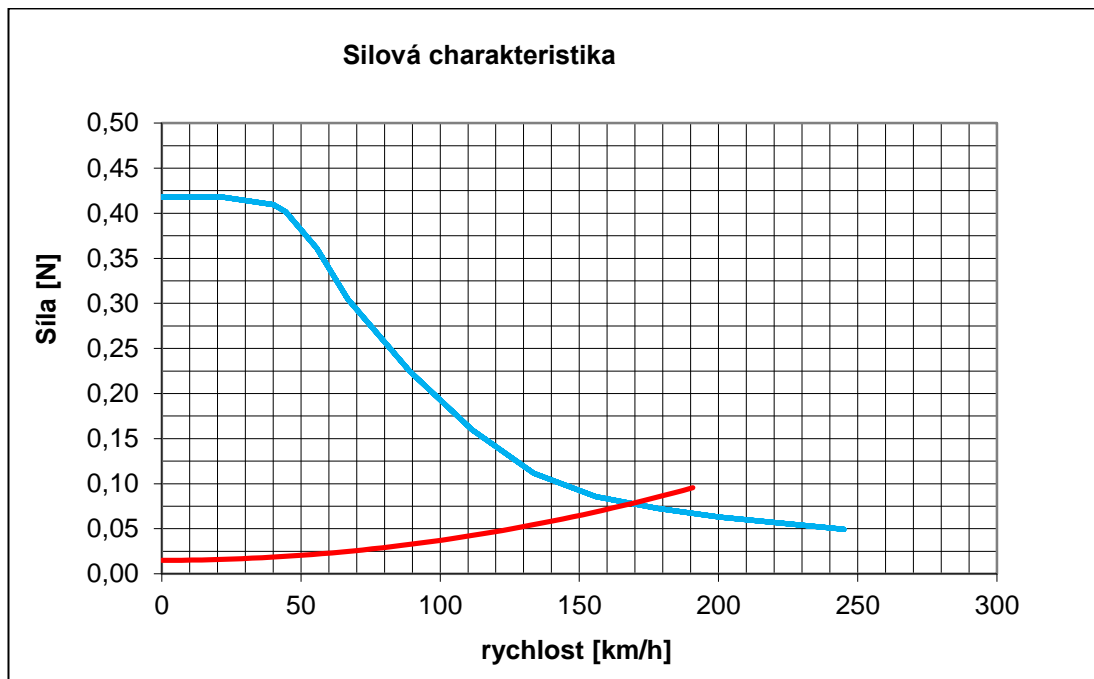
Z grafu je patrná maximální hodnota zrychlení $4,3\text{m/s}^2$ (Graf 11-3). Vozidlo je schopné zrychlit z 0 – 100km/h za 15,22s. Při výpočtu jsem uvažoval jednotlivé částečné hodnoty zrychlení, pro daný krátký úsek (zrychlení 0 – 20km/h za 1,31s při zrychlení $4,3\text{m/s}^2$ podle vztahu $v = v_0 + at$) Tyto úseky jsem sečetl a tím jsem získal linearizovanou hodnotu zrychlení z 0 – 100km/h.



Graf 11-3: Graf závislosti zrychlení na rychlosti

11.4 Dynamická charakteristika

Červená křivka znázorňuje jízdní odpory působící na vozidlo při jízdě, modrá křivka znázorňuje hnací sílu (Graf 11-4). Průsečík dvou křivek při rychlosti 160km/h znamená, že motor automobilu již není schopen překonat odpory a je to jeho maximální rychlost.



Graf 11-4: Graf silové charakteristiky

12 Baterie

Baterie je elektrický zdroj zařízení, které přeměňuje jiný druh energie na energii elektrickou.

Elektromotorické napětí je charakteristickou vlastností elektrického zdroje, což je elektrická energie přepočtená na jednotkový elektrický náboj, kterou je schopen zdroj dodávat. Tato energie vzniká z neelektrické práce přesouváním částic s elektrickým nábojem (elektronů, iontů) uvnitř zdroje proti směru vnitřního elektrického pole. Na pólech zdroje se vytváří odlišný elektrický potenciál, jehož rozdíl tvoří elektromotorické napětí. (12)

12.1 Typy – srovnání nejpoužívanějších typů baterií

Tab. 12-1: Tabulka srovnání nejpoužívanějších typů baterií

Typ Článku	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion	Olověný AGM DC	LiFePO4
Hustota energie[Wh/kg]	45-80	60-120	90-120	30-50	100-150
Počet cyklů [při 80% hloubce vybití]	1500	300-500	>1500	400-500	2000 až 8000
Projektovaná životnost	5 let +	3-4 roky	10 let+	10 let+	10 let+
Doba nabíjení [h]	1-2	2-4	½-4	8-16	4 - 5
Samovybíjení/měsíc (při cca 20°C) [%]	20%	30%	5-10%	5%	není
Nominální napětí článku [V]	1.2	1.2	3.3	2	4,25
Proudová zatížitelnost Špička optimální [C kapacita baterie]	20C 1C	5C 5C	25C 5C	5C 0.2C	20C 3C
Provozní teploty [pro vybíjení]	-40~60°C	-20~60°C	-20~60°C	-20~60°C	-45~85°C

12.2 LiFePO4

Bezpečné lithiové akumulátory na bázi LiFePO4 (LFP) s příměsí yttria. Nominální napětí LiFePO4 článků je 3,2 V, maximální nabíjecí napětí je 4,25V. Minimální napětí, na které je možné článek vybit je obvykle 2,5V. Tyto články jsou schopny dodat pracovní proud impulsně až 20C (t.j. 20x kapacita), dlouhodobě až 3C. Životnost je udávána více jak 2000 cyklů (až 8000 cyklů). Lze je použít v rozmezí teplot -45°C až +85°C. Samovybíjecí efekt u těchto článků prakticky neexistuje a je možné je nabíjet v jakémkoliv stavu vybití. Výhodou článků je, že nemají paměťový efekt. (13), (14)

12.3 Ochrana baterií

Baterie jsou vybaveny PCM (Protective Circuit Module), avšak tyto baterie s PCM je nutné chránit stejně jako ostatní lithiové baterie

Pojistka – Je nezbytné chránit baterie před náhodným zkratem pomocí pojistky. Použitá pojistka nechrání pouze baterie, ale také chrání další elektrická zařízení. Pojistka se přepálí při průchodu vysokých proudů a tím ochrání zařízení před poškozením. Například zařízení napájené 12V/100W by mělo mít nainstalovanou 10A pojistku. Pro 12V baterie je nejjednodušší použít průmyslově vyráběnou pojistku 12V.

Ochrana před úplným vybitím – Je potřeba nainstalovat systém monitorování baterie a při poklesu na minimální hodnotu napětí je nutné odpojit baterie od zátěže. Nemělo by se spoléhat pouze na PCM. Systém PCM slouží pouze jako záloha při selhání hlavního systému sledování.

Ochrana proti přebyti – maximální hodnota napětí pro PCM je dána 14.6V. Baterie jsou vybaveny ochranou PCM. Je nutné, aby nabíjecí zařízení bylo vybaveno automatickým odpojením při dosažení maximálního napětí.

Ochrana před přehřátím – PCM modul uvnitř baterie se může zahřívat při vysokém vybíjení/nabíjení baterií. Baterie by neměly být provozovány v uzavřených a tepelně izolovaných místech. Prostor baterie by měl být dobře odvětrávaný.

Protipožární hledisko – při výběru baterií je nutné zohlednit protipožární ochranu. Tyto baterie by neměly být používány na místech, kde by mohlo dojít ke kontaktu s výbušnými plyny, hořlavými materiály, chemikáliemi apod. Baterie musí být uloženy v nehořlavých pouzdrech. Doporučuje se instalovat požární elektrickou signalizaci v místě dobíjení baterií. (13)

12.4 Nabíjení

Pomalé nabíjení - základní, poměrně jistá a bezpečná metoda nabití akumulátoru, pokud je tento před nabíjením zcela nebo téměř vybitý. Nabíjí se proudem rovným 1/10 kapacity článku. Doba nabíjení je závislá na

kapacitě baterie. Výhodou je, že pokud v nabíječce zapomenete akumulátor, články se sice ohřejí, ale díky malému proudu se zpravidla nezničí.

Zrychlené nabíjení- používá se u moderních článků, nabíjí se proudem hodnoty 1/5 až 1/3 kapacity článku. Zde je již vhodné mít i monitorování teploty článku a dodržet čas dobíjení. V opačném případě už může dojít ke zničení článku. Nabíječky jsou proto zpravidla vybaveny kontrolou nabíjení.

Rychlé nabíjení- vynutila si ho rychlost dnešního života a vzrůst kvality vyráběných akumulátorů. Jde o to, že například pracovní stroje poháněné akumulátory nemohou ležet několik hodin při nabíjení akumulátoru. Proto se začínají používat speciální odolné akumulátory s nabíjecím proudem rovným jejich kapacitě (nebo dokonce větším). Příslušná nabíječka je pak schopná je plně nabít do hodiny, ovšem za 100% kontroly napětí a teploty článků.

Pulzní nabíjení nebo nabíjení tepavým proudem -dáno faktem, kdy při nabíjení článku, nelze měřit jeho napětí. Proto kvalitní nabíječky vypínají v různých intervalech nabíjecí proud a následně měří napětí na článku. Hodnotu uchovají v paměti a porovnají s předchozími měřeními, z rozdílu pak určují výpočtem, zda bylo dosaženo zlomu na nabíjecí křivce a zda je tak možno již ukončit nabíjení. (13)

12.4.1 Doba nabíjení elektromobilu

Doba nabíjení baterií je závislá na volbě metody nabíjení. Baterie je možné dobít již za 3h nabíjecím proudem 1/30 kapacity.

$$\frac{1}{10} \times C = t \quad (12-1)$$

$$\frac{1}{10} \times 90Ah = 9h$$

Při pomalém nabíjení se baterie dobíjí za 9hodin. Pomalé dobíjení je nejbezpečnější a nejlevnější způsob dobíjení. Pro zadaný koncept řešení proto považuji výpočtem zjištěnou dobu nabíjení za dostatečnou.

12.5 Řazení zapojení zdrojů

Sériové zapojení zdrojů - sériové zapojení dvou a více zdrojů způsobuje zvýšení celkového elektromotorického napětí: ($U_e = U_{e1} + U_{e2} + \dots$) Vyšším elektromotorickým napětím se dosáhne zvětšení výkonu zdroje, nevýhodou je zvětšení celkového vnitřního odporu: ($R_i = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{in}$) Sériové zapojení zdrojů se uskutečňuje vodivým spojením pólů s opačnou polaritou. Prakticky se používá např. v plochých bateriích (3 suché články = $3 \times 1,5 \text{ V} = 4,5 \text{ V}$), v automobilových akumulátorech (6 jednoduchých akumulátorů = $6 \times 2 \text{ V} = 12 \text{ V}$).

Paralelní zapojení zdrojů - paralelní zapojení dvou a více zdrojů nezvyšuje elektromotorické napětí, ale celkový elektrický výkon zdrojů, které jsou schopny dodávat při stejném napětí větší elektrický proud. Důležitou podmínkou je stejná velikost elektromotorických napětí jednotlivých zdrojů, aby nedocházelo k tomu, že silnější zdroj bude způsobovat elektrický proud opačného směru ve slabším zdroji. To by představovalo ztráty elektrické energie, v chemických zdrojích by to mohlo způsobit nežádoucí chemické změny. Paralelní zapojení se uskutečňuje vodivým spojením pólů se stejnou polaritou. (12)

12.6 Sestava použitých baterií

Zvolil jsem článek o napětí 3,2V a kapacitě 90Ah. Zvolený motor pracuje s napětím 300,8V, což odpovídá při sériovém řazení článků počtu 93kusů. Kapacitu baterií jsem volil podle jejich objemu tak, aby se co nejvíce blížil vymezenému prostoru ve vozidle (Tab.12-2).

Tab.12-2: Rozměrové srovnání objemu baterií ve vozidle

	Šířka [mm]	Výška [mm]	Délka [mm]	Objem [m3]
Vůz	848	200	1410	0,239136
Rozměry baterií podle katalogu				
40Ah	46	190	116	0,095301
60Ah	61	215	115	0,1417732
90Ah	61	220	145	0,182915
100Ah	68	220	145	0,2039048
200Ah	55,5	256	362	0,4834698
400Ah	65	285	461	0,8027624

Při porovnání objemů vyhovují baterie od 40Ah – 100Ah. Volba 90Ah baterií je dána s ohledem na další potřebný prostor pro připojení kabelů, balancérů a možností odvětrání. Zvolené baterie mají následující parametry (Tab. 12-3).

Balancer je obvykle připojen ke každému jednotlivému článku. Pokud je tento článek již plně nabit, balancer průběžně omezuje (t.j. balancuje) přísun dalšího nabíjecího proudu. Balancer tak chrání článek před přebitím.

Tab. 12-3: Důležité parametry baterie

Parametry	Hodnoty
Napětí článku [V]	3,2
Kapacita článku [Ah]	90
Počet článků [ks]	93
Napětí baterií [V]	300,8
Kapacita baterií [Ah]	90
Práce baterií [Wh]	27072

13 Dojezd elektromobilu

Dojezd elektromobilu jsem navrhoval z výkonu potřebného pro jízdu v ustálené rychlosti a z parametrů baterií. Výpočet takto provedený má však pouze orientační charakter, hodnoty dojezdu se dají prakticky s větší přesností stanovit experimentálními jízdami v kombinaci se zkušenostmi s bateriemi a motorem.

Vozidlo se v městských podmínkách pohybuje s velkými rozdíly výkonů a otáček. Významným vlivem je rovněž řidič a jeho charakter jízdy. Nelze tedy jednoznačně říci, jaký bude mít vozidlo dojezd.

13.1 Příklad výpočtu dojezdu

Výsledné hodnoty jsou kalkulované pro plně nabitě baterie a na provoz pouze v jednom režimu po celou dobu až do vybití. Dojezd je závislý na změně režimu jízdy a účinnosti (Tab. 13-1). Pro teoretické přiblížení se k hledané hodnotě jsem volil režim jízdy, který je použit podle „Evropského jízdního cyklu“ pro zkoušení emisí spalovacích motorů. Tento předpis ukazuje v jakých rychlostech a časech se vozidlo pohybuje. Z předpisu tak vyplývá, že pro výpočet průměrné rychlosti bude použita hodnota 62,6km/h.

Součinem napětí a kapacity získáme hodnotu uložené energie v bateriích (práce baterií).

$$U \times C = A \quad (13-1)$$

$$300,8V \times 90Ah = 27072Wh$$

Hodnoty napětí a kapacity jsou známy ze zvolených typů baterií.

$$O_v + O_f + O_s + O_a = F_k \quad (13-2)$$

$$108,9N + 106,6N + 0 + 0 = 215,5N$$

$$F_k \cdot v = P_k \quad (13-3)$$

$$215,5N \cdot 17,4m/s = 3749,7W$$

Hodnotu výkonu jsem stanovil z jízdních odporů se vstupním předpokladem pohybu vozidla po rovině konstantní rychlostí. Při ustálené rychlosti je potřeba výkon na kole 3749,7W.

$$\frac{P_k}{\mu_c} = P_e \quad (13-4)$$

$$\frac{3749,7}{0,93} = 4031,9W$$

Tab. 13-1: Volené parametry účinností

Účinnost	[-]
Motor	0,94
Řemenový převod	0,99
Diferenciál	1
Celková (Součin)	0,93

Účinnosti (viz tabulka) upravují výkon mezi kolem a motorem. Vlivem ztrát v převodech musí být na motoru vyšší výkon než na kole. Při ustálené rychlosti je potřeba výkon motoru 4031,9W.

$$\frac{A}{P_e} = t \quad (13-5)$$

$$\frac{27072Wh}{4031,9W} = 6,7h$$

$$v \times t = s \quad (13-6)$$

$$62,6km/h \times 6,7h = 419,4km$$

Jak již bylo citováno, jsou hodnoty rychlosti volené podle „Evropského jízdního cyklu“. Tímto výpočtem jsem dospěl k teoretické hodnotě výsledného dojezdu 419,4 km.

13.2 Dojezd elektromobilu při použití jiných kapacit baterií

Zástavbový prostor umožňuje umístit baterie až do kapacity 100Ah typu LiFePO₄. V tabulce (Tab. 13-2) jsou údaje o dojezdu elektromobilu při použití daných baterií.

Tab. 13-2: Tabulka dojezdů pro různé druhy kapacit baterií

Údaj v katalogu	Hmotnost článku [kg]	Hmotnost baterie [kg]	Dojezd [km]
40Ah	1,6	150,4	186
60Ah	2,3	225,6	266,2
90Ah	3,1	291,4	367,1
100Ah	3,4	319,6	412,9

Při výpočtu jsem uvažoval stejné podmínky jízdy, změna byla pouze v hmotnosti baterií. Tato změna se projevila v jízdních odporech. Z tabulky je zřejmé, že zvýšení kapacity z 40Ah na 90Ah způsobí přibližně dvojnásobné zvětšení dojezdu.

Požadavek na dojezd je v zadání 100km, z toho vyplývá, že by stačilo do vozidla zabudovat baterie o kapacitě 40Ah. Ovšem je důležité, že se vozidlo bude pohybovat s různými hodnotami jízdních odporů. Proto bych uvažoval baterie s větší rezervou a do zástavby umístil baterie o kapacitě minimálně 60Ah.

14 Převody

Převod je proveden s využitím ozubeného řemenu. Toto řešení umožňuje libovolnou polohu výstupní řemenice. Ve výstupní řemenici je integrovaný automobilový diferenciál. Pro vhodné z převodování motoru volím převod 5,5. Motor nesmí přesáhnout více jak 6000 1/min, z důvodů omezení řemenu. Rozsah otáček 0 – 6000 1/min je optimální z hlediska účinnosti a výsledných rychlostí. Zpátečka je řešena elektronickou změnou polarity motoru.

14.1 Charakteristika otáček na rychlosti

Pro vhodné z převodování motoru volím převod 5,5. Jedná se o trvalý převod s integrovaným diferencíálem (Tab. 14-1). Zpátečka je řešena elektronickou změnou polarity motoru.

Při volbě řemenů jsem volil průmyslově vyráběný řemen od firmy Tyma, konkrétně podtyp SYNCHROCHAIN. Tyto řemeny umožňují přenos vysokých krouticích momentů a vysokého dynamického zatížení. Ozubené řemeny se vyrábí s roztečí zubů 8 a 14mm. Zvoleno 8mm provedení. Řemen je možno použít do 6000 1/min, což spolehlivě pokryje požadované rychlosti vozidla.

Vlastnosti použitého řemenu:

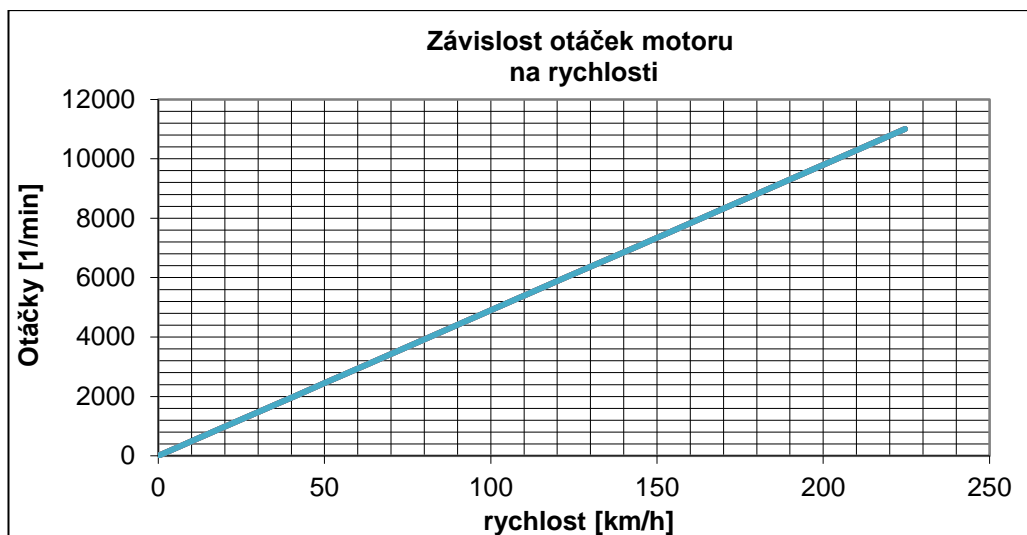
- vysoký přenášený výkon a dlouhá životnost
- odolnost vůči oleji, odolnost proti ozónu a proti UV záření
- teplotní odolnost od -40 °C do +100 °C
- vysoká odolnost proti otěru, bez nutnosti údržby
- odolnost proti ohybu v opačném směru

Použití řemenu CONTI SYNCHROCHAIN® je v oblastech od potravinářského průmyslu, balících strojů až po zařízení v dolech, přístavech, dopravníkových systémech a malých motokárách - go carts. (15)

Tab. 14-1: Parametry, které mají vliv na celkový převod

Stálý převod[-]	Poloměr kola [m]
i_r	r
5,5	0,325

Převodové ústrojí je voleno tak aby motor pracoval v optimálním režimu při nejčastěji používaných rychlostech.

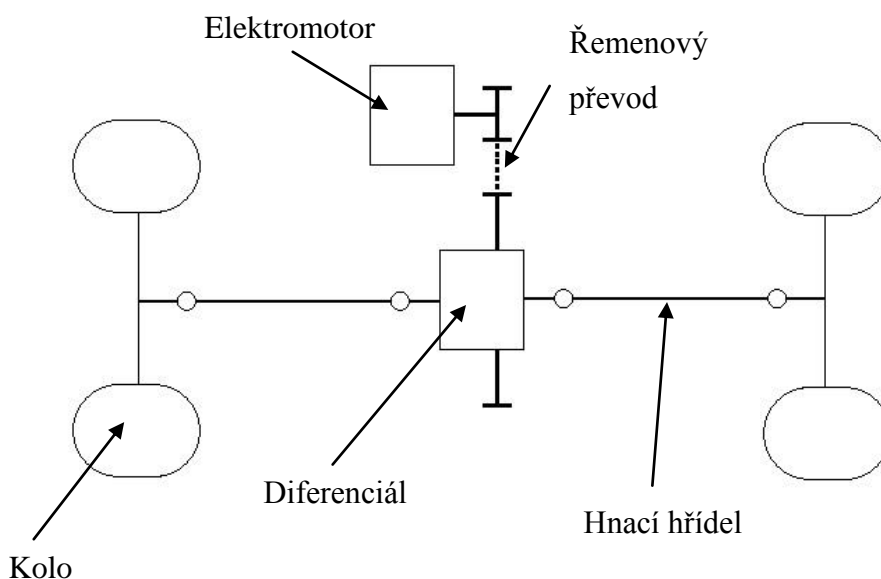


Graf 14-1: Graf závislosti otáček motoru na rychlosti

Z grafu (Graf 14-1) vyplývá, že díky vysokým otáčkám elektromotoru by motor byl schopen teoreticky vyvinout rychlost 225km/h. Ovšem vlivem jízdnicích odporů je rychlost max. 160km/h.

14.2 Schéma převodů

Kinematické schéma hnacího (Obr. 14-1) pohonu. Elektromotor je určený k pohonu jedné nápravy. Přenos je proveden přes ozubený řemen na věnec automobilového diferenciálu. Diferenciál rozděljuje sílu přes spojovací hřídele na kola.



Obr. 14-1: Kinematické schéma hnacího ústrojí elektrovozidla

15 Ergonomie

Aktivní bezpečnost úzce souvisí s ergonomií. Ergonomie je vědní obor, který zahrnuje poznatky psychologie, antropometrie, fyziologie práce, hygieny, bezpečnosti práce a průmyslové estetiky. Hlavním cílem ergonomie je přizpůsobení prostředí fyziologickým a psychologickým možnostem člověka tak, aby jeho činnost byla maximálně bezpečná a vykonávaná s co nejmenším vynaložením biologických rezerv. Karoserie ovlivňuje bezpečnost jízdy přímo (operační bezpečnost – vjemová, pozorovací a ovládací) i nepřímo (kondiční bezpečnost – pohoda řidiče, hromadění únavových jevů (16).

Ergonomické problémy při projekci karoserie jsou zejména tyto:

- Zajištění správného sedění a umístění ovládacích prvků
- Zajištění fyziologicky správného podepření těla
- Určení vhodných ovládacích sil a pohybů
- Vhodné vytvoření ovládacích pák a tlačítek
- Vhodné vytvoření a uspořádání kontrolních přístrojů
- Zajištění dobrého vidění a signalizace
- Snížení vibrace a hluku
- Zajištění pasivní bezpečnosti

15.1 Geometrie vnitřního prostoru

Problematiku je možno rozdělit na geometrické požadavky pohodlného sedění, ovládání a minimální prostorové požadavky na umístění osob.

Figurína je trojrozměrné měřicí zařízení napodobující antropometrické znaky sedícího muže. Rozměry byly odvozeny z údajů získaných na populaci řidičů USA. Rozměry 50% muže znamenají zařazení muže do tzv. 50% velikostní skupiny. Značí to, že 50% populace má rozměry menší, ale i větší. Norma ISO/DIS 6549 udává také rozměry pro 10%, 90% a 95% velikostní skupinu. Pro návrh geometrie sedění jsem použil figurínu 95% muže.

Figurína se používá pro stanovení skutečného bodu H na vozidle. Bod H je střed otáčení trupu a stehna figuríny, je též označován jako vztažný bod sedění H.

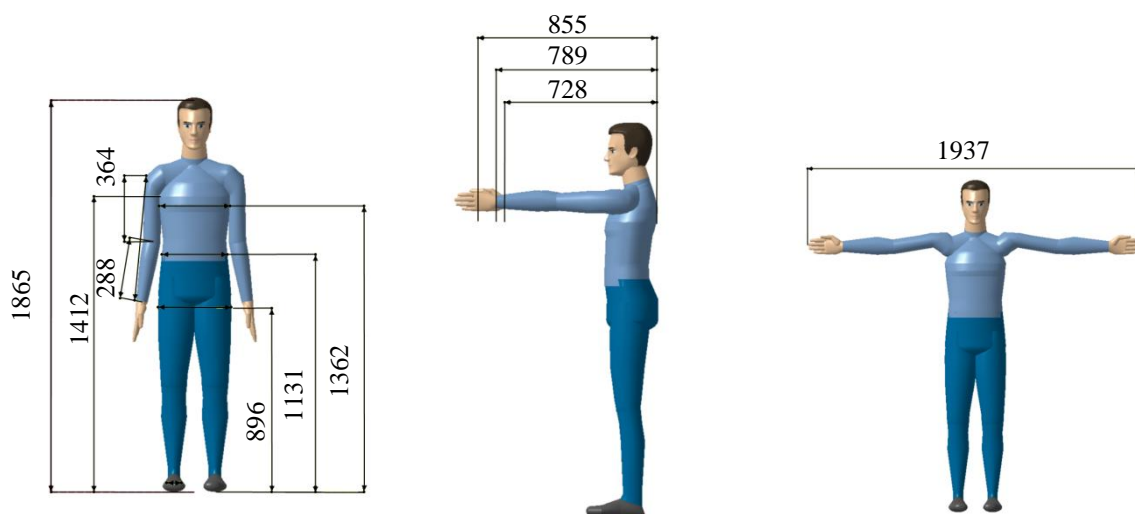
Při návrhu geometrie sedění se jako další vztažný bod (pevně spojený s vozidlem) používá tzv. patní bod. Poloha sedění může být tedy popsána dvěma charakteristickými hodnotami: vodorovnou vzdáleností bodu H od patního bodu F a svislou vzdáleností bodu H od bodu F. Doporučené hodnoty pro výšku sedadla a posuv sedadla pro různé kategorie vozidel jsou uvedeny v tabulce (Tab. 15-1).

Tab. 15-1: Výšky sedadel a rozsah posuvu sedadla

Kategorie vozidla	Výška bodu R nad bodem F [mm]	Posuv sedadla [mm]
Sportovní vůz	100 až 200	180 až 250
Osobní automobil	180 až 300	160 až 200
Dodávkový vůz	300 až 400	120 až 160
Nákladní vůz	350 až 500	100 až 130

15.2 Velikost použité figuríny 95% muže

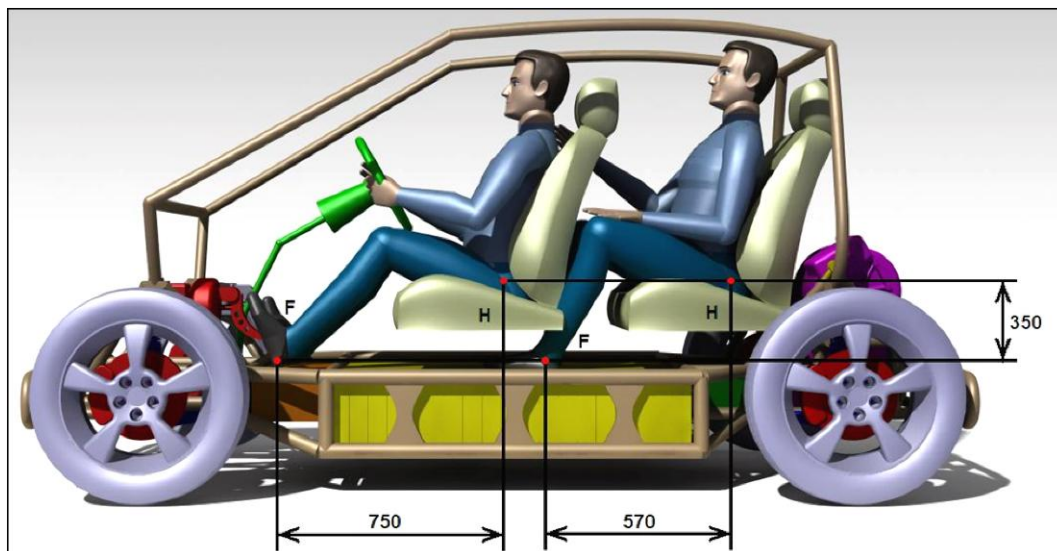
Základem pro návrh geometrie sedění je dvourozměrná šablona a pro účely měření třírozměrná figurína (Obr. 15-1).



Obr. 15-1: Rozměry třírozměrné figuríny 95% muže

15.3 Usazení figurín do vozidla

Usazení figurín ve vozidle za pomoci bodů H a F je zobrazeno na obrázku (Obr.15-2).



Obr.15-2: Usazení figurín ve vozidle

16 Rám

Rám vozidla představuje jeho nosnou část, která má za úkol spojovat a udržovat v potřebné vzájemné poloze jednotlivé části hnacího ústrojí a zbylých částí vozidla. Funkci rámu může plnit samonosná karoserie. (17)

Hlavní úkoly rámu:

- Vést nápravy (realizovat závislé a nezávislé zavěšení)
- Nést karosérii a náklad a přenášet jejich tíhu na nápravu (pevnostní funkce)
- Umožnit funkci hnacího ústrojí
- Přenášet hnací a brzdné síly z/na hnací ústrojí
- Zajistit bezpečnost posádky vozidla (prvek pasivní bezpečnosti)

Požadavky na rámy:

- Tuhost, pevnost a pružnost (především vůči ohybu a krutu), únavová životnost
- Nízká hmotnost
- Bezkonfliktnost vůči konstrukčním částem vozidla
- Dlouhá životnost (odolnost proti korozi)

16.1 Použitelné typy rámu

Rám žebřinový

Úhlopříčkový rám

Křížový rám „X“

Páteřový rám

Rám páteřový rozvidlený

Rám plošinový

Směšený rám

Rám obvodový (perimetrický)

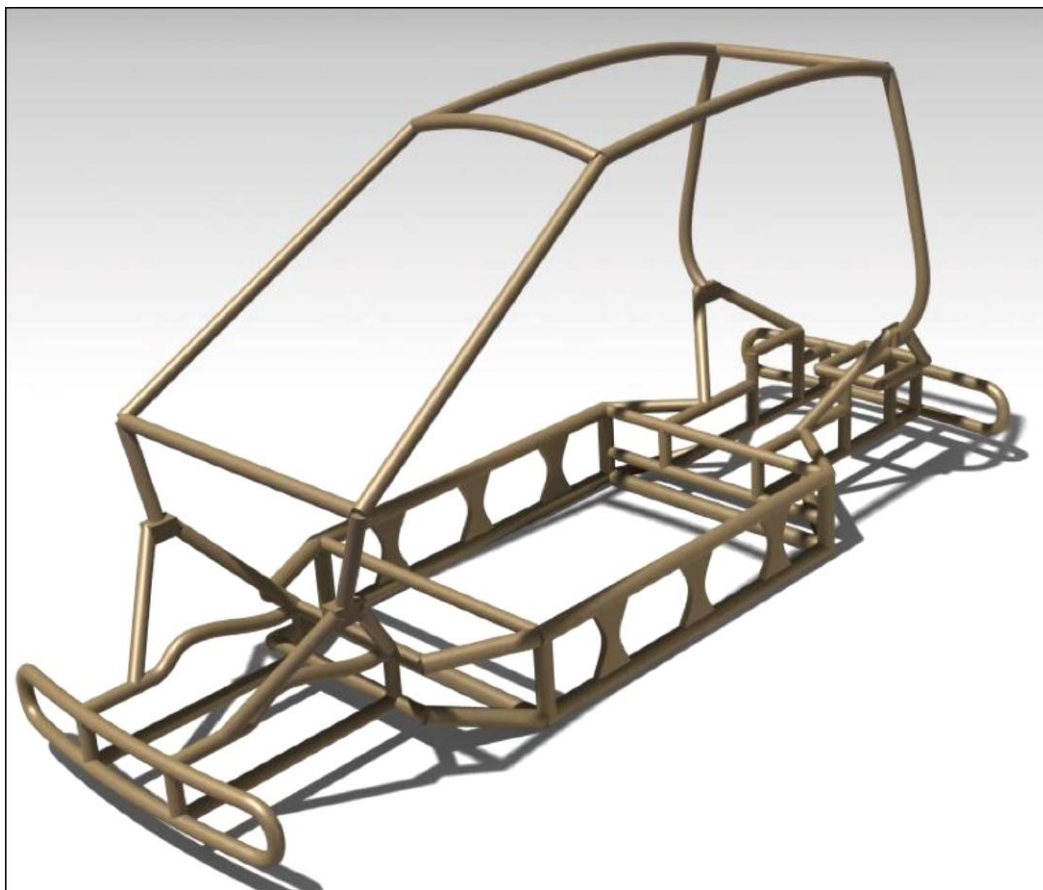
Rám příhradový

- Tento rám je tvořen příhradovou konstrukcí z plechových výlisků. Používá se mimo jiné u novějších autobusů a formulí.
- Jednoduchost
- Lze ho doplnit do samonosné karoserie => zvýšení bezpečnosti

(17)

16.2 Koncept rámu

Na obrázku (světle hnědá, Obr. 16-1) je vyobrazen rám elektromobilu (příhradový). Jedná se o svařenec z trubkových tyčí. Rám je i bez karoserie schopen jízdy.



Obr. 16-1: Rám vozidla

17 Nápravy

Náprava je složená z následujících částí:

- Zavěšení kola (připojení kol k rámu nebo karoserii)
- Odpružení kola (zmenšuje přenos pohybů nápravy na karoserii a rám)
- Řídící ústrojí (slouží k udržování a změně směru jízdy vozidla)
- Hnací ústrojí (přenáší síly a momenty)

Funkce zavěšení kol

- Umožnit svislý relativní pohyb kola vzhledem k rámu nebo karoserii
- Přenášet síly mezi kolem a rámem (karoserií)
- Za všech okolností zajistit trvalý kontakt všech kol s vozovkou
- Eliminovat nežádoucí pohyby kola (boční posuv, naklápění)
- Umožnit řízení
- Umožnit brždění + zachytit brzdné síly
- Umožnit přenos momentu na hnací kola
- Zajistit pohodlí jízdy

Konstrukční požadavky

- Tuhost a kinematická jednoznačnost
- Minimální změna geometrie při propnutí
- Minimální opotřebení pneumatik
- Dlouhá životnost
- Minimální požadavky na prostor (nekonfliktnost)
- Odolnost v agresivním prostředí

Tuhá náprava

- Tradiční (nejstarší) konstrukce
- Velká hmotnost neodpružených částí
- U hnacích náprav se rázy přenáší na rotační části, které jsou součástí nápravy
- Především zadní hnací nápravy užitkových vozidel

Nezávislé zavěšení kol

- Menší hmotnost neodpružených částí (rozvodovka a diferenciál není součástí nápravy)
- Mezi uloženími je dostatek místa na motor nebo jiné konstrukční části vozidla

(18)

17.1 Použitelné typy náprav

Lichoběžníková náprava

Kyvadlová úhlová náprava

Kyvadlová náprava

Kliková náprava

Kliková náprava s propojenými rameny

Zavěšení typu MULTILINK

Náprava McPhaerson

- Tato náprava je odvozena z lichoběžníkové nápravy, kde horní rameno je nahrazeno posuvným vedením.
- Lze použít pro řízení. Kolo se pak točí kolem osy teleskopické vzpěry.
- Podélné a boční síly jsou zachyceny silovými dvojicemi na karosérii.
- Posuvný člen je hydraulický tlumič, jehož pístnice vycházejí větší a silnější.
- Pružina často vedena vodící trubkou.
- Podélné a příčné síly zvětšují třecí sílu v tlumiči (nebezpečí zablokování tlumiče), horní ložisko pružně uloženo, pružina vyosena vůči tlumiči
- Kolo mění odklon při propružení - kmitání řízení, způsobené gyrokopickým momentem
- McPherson na zadní neřízené nápravě - dlouhá trojúhelníková ramena, odpadá ložisko tlumiče, malá změna odklonu

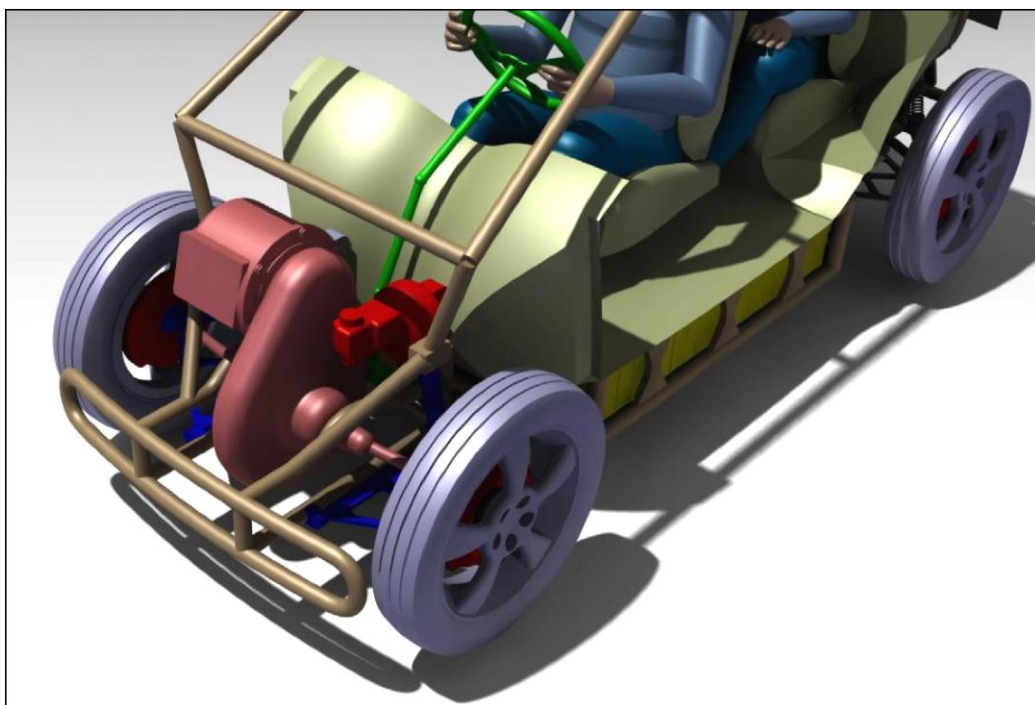
(18)

17.2 Nápravy konceptu

Na obrázcích (modře, Obr.17-1 a Obr.17-3) jsou vyobrazena možnosti umístění hnacího agregátu na nápravách typu McPhearson.

Přední náprava elektromobilu (McPhearson).

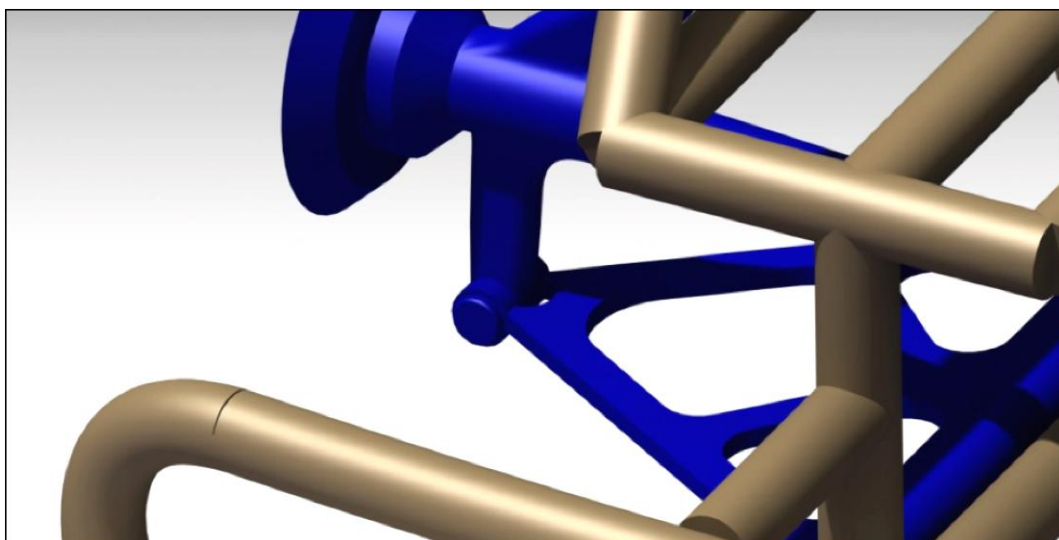
Jedná se o hnací (nebo hnanou) nápravu s mechanickým hřebenovým řízením. Výhodou umístění motoru v přední části vozidla jsou zejména: vyšší bezpečnost při nárazu, uvolnění místa pro zavazadlový prostor a uvolnění prostoru pro mechanismus přiřizování zadních kol. Rozměry pneumatik: 195/50 R18



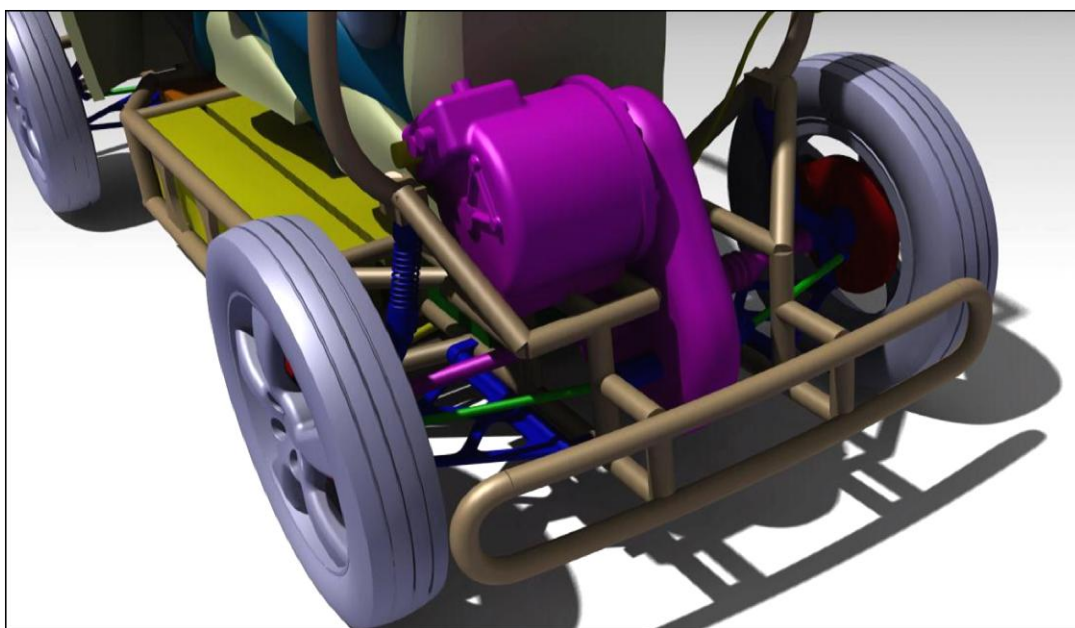
Obr.17-1: Přední hnací náprava elektromobilu

Zadní náprava elektromobilu (McPhearson).

Jedná se o hnací (nebo hnanou) nápravu s možností přiřazení zadních kol. V případě provedení vozidla bez zadního přiřizování je možné stupeň volnosti odebrat pomocí vloženého čepu (Obr.17-2) nebo spojovací tyče řízení (Obr.17-3, zelená). Výhodou použití spojovací tyče je možnost použití stejných dílů nápravy bez úprav. Nevýhodou je větší počet dílů a problémy spojené s upevněním spojovací tyče. Rozměry pneumatik: 195/50 R18



Obr.17-2: Zadní náprava – možnost odebrání stupně volnosti



Obr.17-3: Zadní hnací náprava elektromobilu

17.2.1 Dynamika náprav

Pro správné naladění podvozku je nutné použít speciálně navržené tlumiče a pružiny. Jedním z možných výrobců, který se zabývá výrobou tlumičů na zakázku je firma Protlum. Příklad parametrů tlumiče: zdvih 120mm, konstanta tlumení 850Ns/m, tuhost 53000N/m.

Pro zástavbu do vozidla je potřeba z hlediska úspory místa namontovat pružiny s malým průměrem. Proto je nevhodné použít pružiny ze Škody Fabia, ty vycházejí příliš velké. Pro přiblížení chování automobilu jsem v programu Matlab – Simulink sestavil čtvrtinový model automobilu a s patřičnými parametry (Tab. 17-1) jsem vyobrazil chování kola, karoserie a posádky.

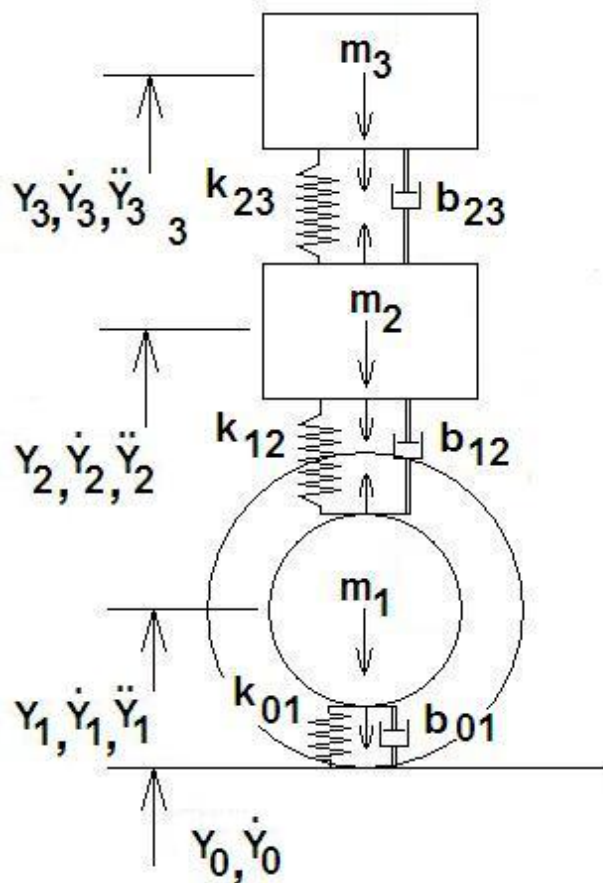
Vstupní buzení je simulováno při najetí kola na příčný práh výšky 40mm rychlostí 50km/h. (Maximální možná překážka => maximální stačení tlumiče 50mm)

Tab. 17-1: Parametry pro Simulink

Veličina	Hodnota	Jednotky
m_1	35	kg
m_2	180	kg
m_3	40	kg
K_{01}	140000	N/m
k_{12}	53000	N/m
k_{23}	8000	N/m
b_{01}	220	Ns/m
b_{12}	850	Ns/m
b_{23}	150	Ns/m

17.2.2 Matematický popis situace

Na obrázku (Obr. 17-4) je vyobrazen čtvrtinový model automobilu a matematické vzorce připravené pro Matlab – Simulink.



Obr. 17-4: Čtvrtinový model automobilu

$$Y_1 = \frac{b_{12}}{m_1} \times Y_2 - Y_1 - \frac{b_{01}}{m_1} \times Y_1 - Y_0 - \frac{k_{01}}{m_1} \times Y_1 - Y_0 + \frac{k_{12}}{m_1} \times Y_2 - Y_1 \quad (17-1)$$

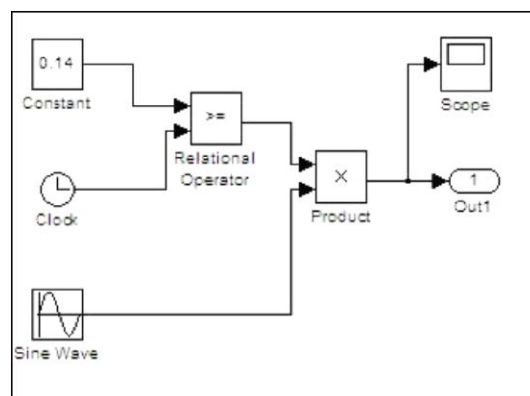
$$Y_2 = -\frac{b_{12}}{m_2} \times Y_2 - Y_1 + \frac{b_{23}}{m_2} \times Y_3 - Y_2 - \frac{k_{12}}{m_2} \times Y_2 - Y_1 + \frac{k_{23}}{m_2} \times Y_3 - Y_2 \quad (17-2)$$

$$Y_3 = -\frac{b_{23}}{m_3} \times Y_3 - Y_2 - \frac{k_{23}}{m_3} \times Y_3 - Y_2 \quad (17-3)$$

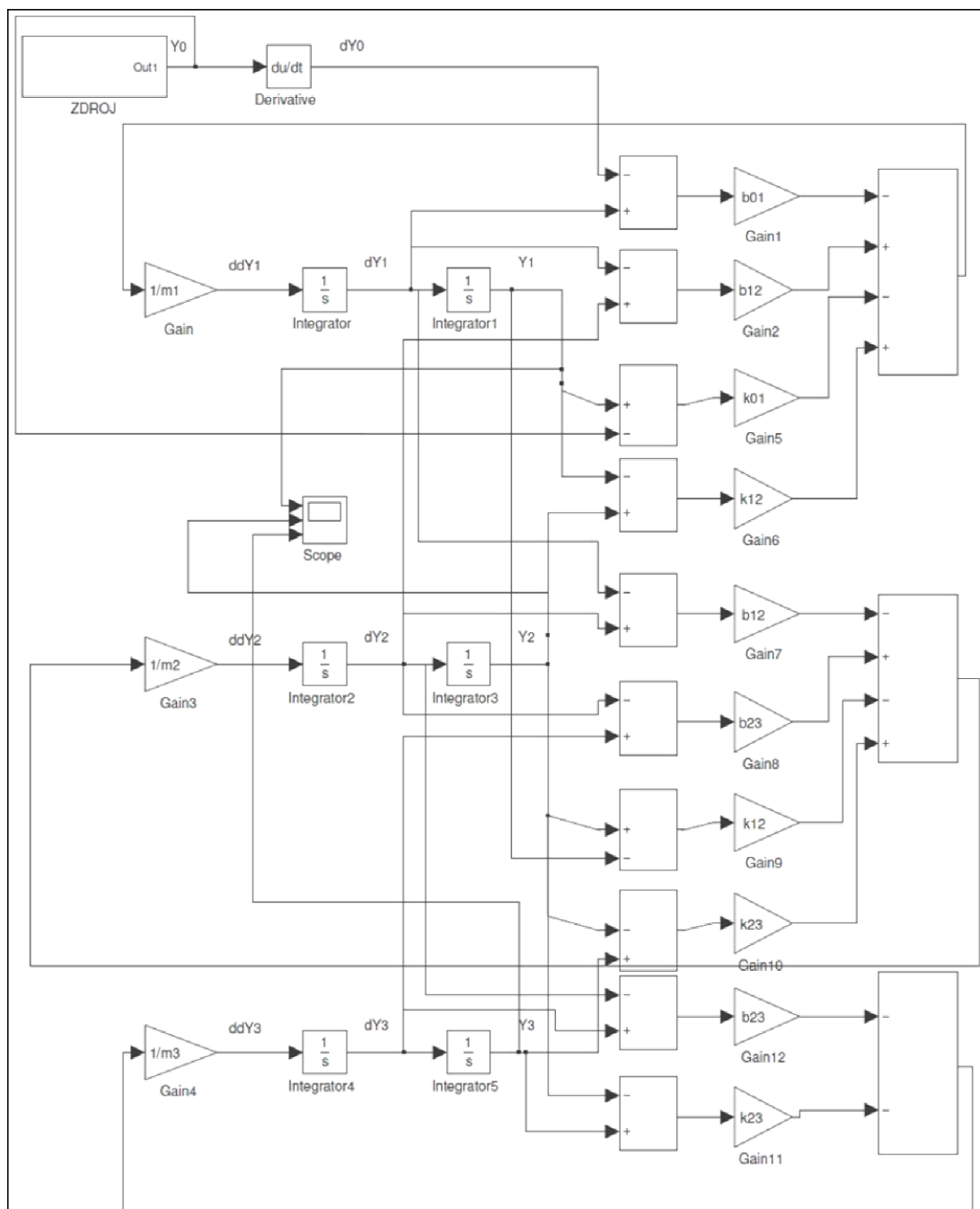
17.2.3 Model Matlab Simulink

Na obrázku (

Obr. 17-6) je vyobrazen model tříhmotové soustavy a výsledky grafů. Jako budící signál byl přejezd zpomalovacího retardéru při rychlosti 50km/h.



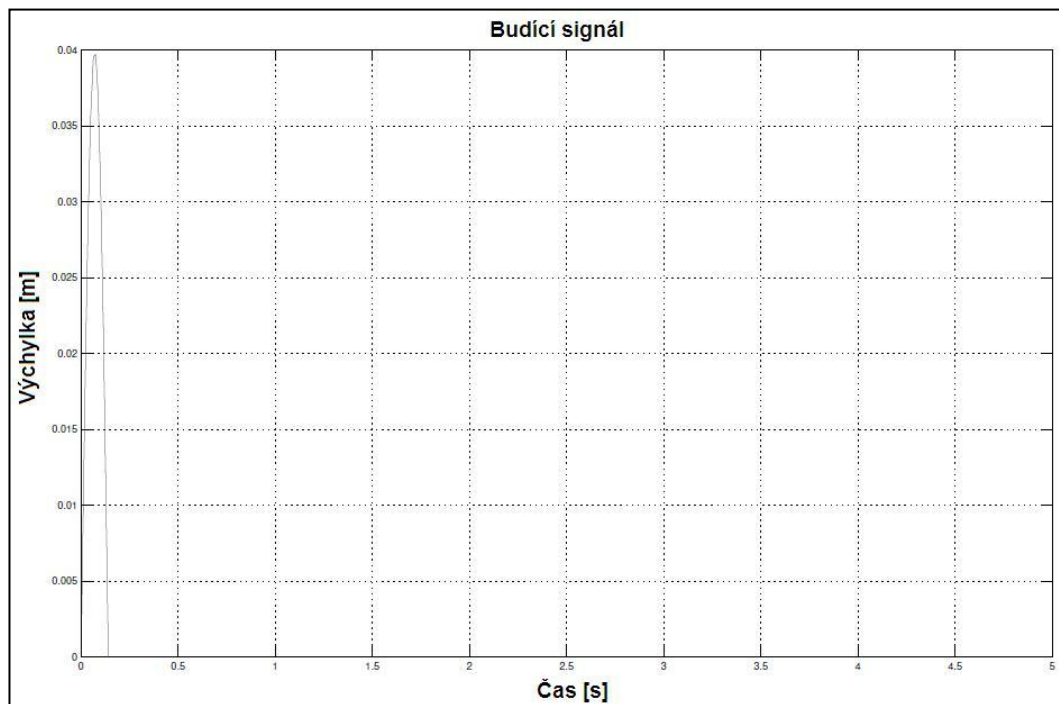
Obr. 17-5: Zdroj



Obr. 17-6: Model v Matlabu - Simulink

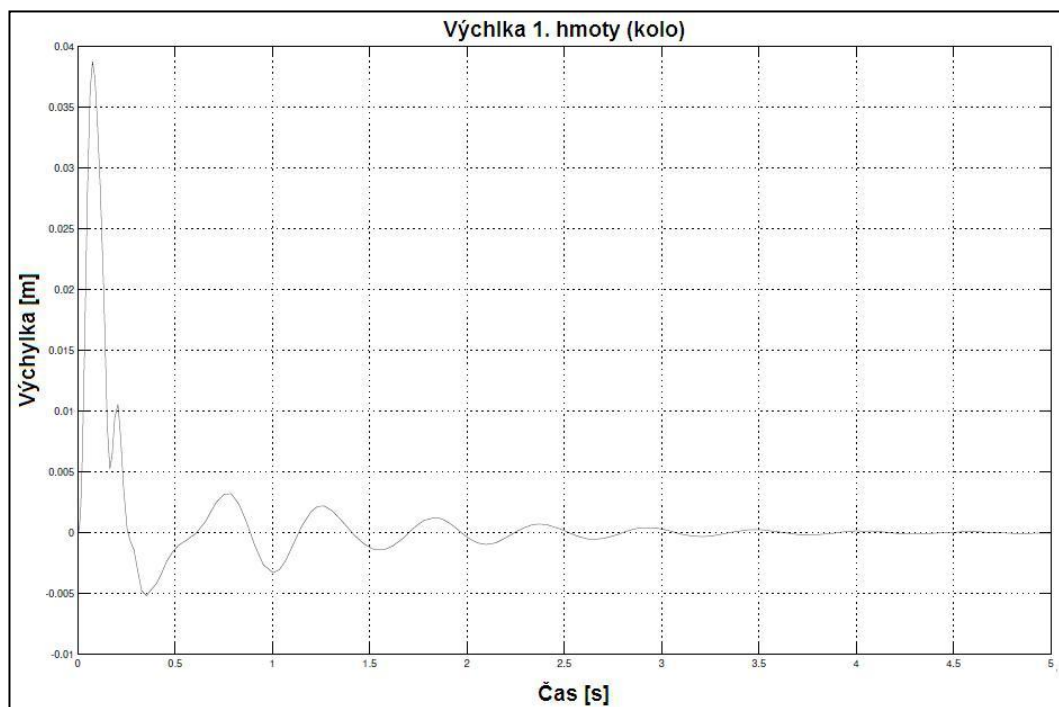
17.2.4 Výsledky modelu

Buzení



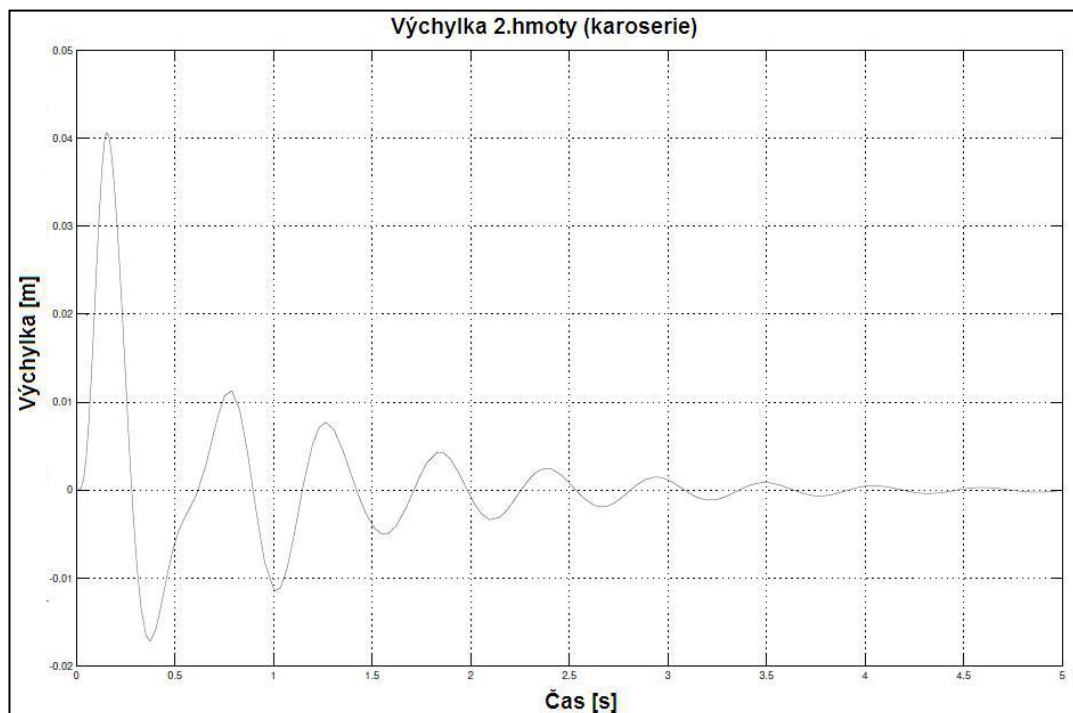
Graf 17-1: Budící signál

Výchylka 1. hmoty



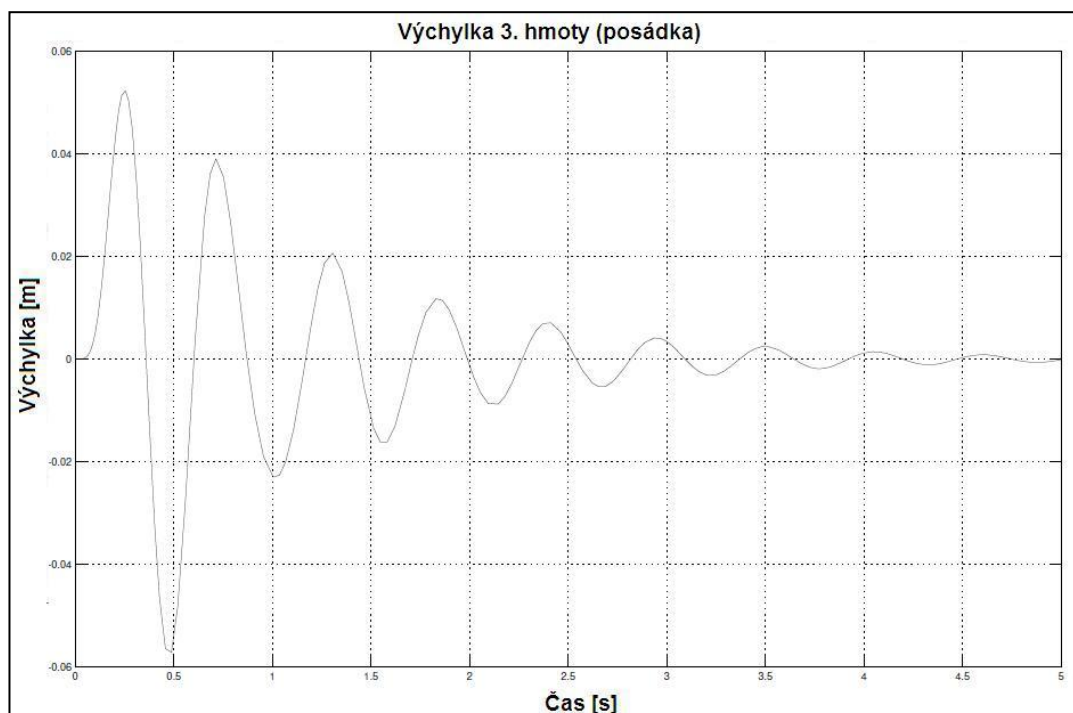
Graf 17-2: Výchylka 1. hmoty (kolo)

Výchylka 2. hmoty



Graf 17-3: Výchylka 2. hmoty (rám)

Výchylka 3. hmoty



Graf 17-4: Výchylka 3. hmoty (posádka)

18 Řízení

Slouží k udržování nebo změně směru jízdy vozidla

Rozdělení podle vztahu k nápravě

- Řízení jednotlivými koly (natáčením kol kolem rejdového čepu)
- Řízení celou nápravou (především přívěsy)

Rozdělení podle řízené nápravy

- Řízení koly na přední nápravě (nápravách)
- Řízení na zadní nápravě (nápravách)
- Řízení na přední i zadní nápravě (nápravách)

Rozdělení podle způsobu ovládání

- Řízení přímé (ovládané silou řidiče)
- Řízení s posilovačem (servořízení) – pohybem volantu je ovládán posilovač, který řídí kola

Požadavky na řízení

- Snadná, rychlá a bezpečná ovladatelnost
- Minimální přenos vibrací na volant
- Existence sil, které vrací kola za všech okolností do přímého směru
- Síly pro pohyb do zatáčky větší, než síly pro návrat do přímého směru
- Minimální opotřebení pneumatik při průjezdu zatáčkou
- V mechanismu řízení malá vůle
 - max. 180° na volantu ($v_{\max} > 100$ km/h)
 - max. 270° na volantu ($v_{\max} 25 \div 100$ km/h)
 - max. 360° na volantu ($v_{\max} < 25$ km/h)
- U řízení bez posilovače max. 5 otáček volantu (z vychýlení 350 u vnitřního kola zprava do stejné polohy vlevo nebo z krajních poloh řízení vymezeného dorazy)
- Vozidla s hmotností připadající na řízenou nápravu (nápravy) minimálně 3500 kg musí být vybavena posilovačem, při selhání posilovače nesmí síla na volantu přesáhnout 600 N
- při zatáčení z přímé jízdy do oblouku o poloměru 12 m rychlostí

10 km/h nesmí síla na volantu překročit 250 N

- Další požadavky ve Vyhlášce č. 102/1995 Sb. a v EHK č. 79
(18)

18.1 Převodky řízení a jejich typy

Převodky řízení

Slouží ke změně rotačního pohybu volantu na přímočarý vratný pohyb řídících (natačení) předních kol a zároveň slouží stálému udržení kol v přímém směru. Velikost převodu ovlivňuje ovládací síly a reakci vozidla na „trhnutí“ volantem. Jsou realizovány s převodovým číslem $i_p = 19 - 23$

$$i_p = \frac{\beta_v}{\beta_p} \quad (18-1)$$

$$i_p \times \beta_p = \beta_v \quad (18-2)$$

$$19 \times 30 = 570^\circ$$

β_p - střední úhel natočení kol řízení (střední úhel rejdu)

β_v - úhel natočení volantu

Při zvolení převodového čísla $i_p = 19$ a vychylce kola o 30° znamená, že řidič otočí 1,5x volantem a tím vychýlí kola z přímého směru do krajní polohy. Z krajní do krajní polohy bude muset řidič 3x otočit volantem.

Maticové - pro tuhé nápravy, velké síly, menší citlivost na rázy

Hřebenové - malé tření, konstrukčně jednoduché

Šnekové

Šnekové a kladkou

Šnekové se dvěma kolíky - nákladní automobily (+ posilovač)

(18)

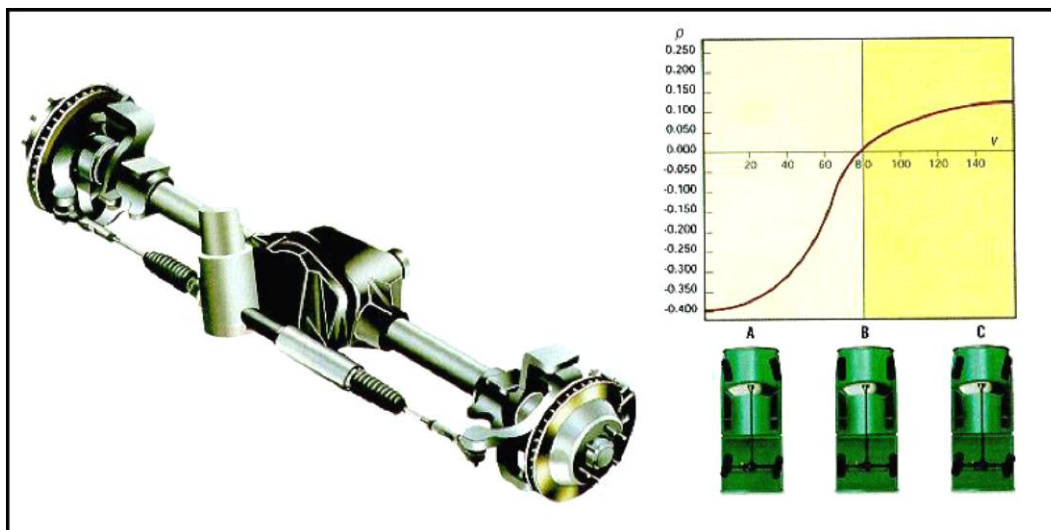
18.2 Řízení všemi koly

Je moderní prvek řízení vozidla, který usnadňuje manévrování při nízkých rychlostech (malý poloměr zatáčení) a zároveň zlepšuje dynamickou řiditelnost při vysokých rychlostech.

Podle směru natáčení kol rozeznáváme

- Nesouhlasné – velká natočení kol
- Souhlasné – malá natočení kol

Na obrázku je znázornění optimálního přechodu mezi souhlasným a nesouhlasným vychýlením zadních kol při řízení (Obr.18-1).



Obr.18-1: Souhlasné a nesouhlasné řízení

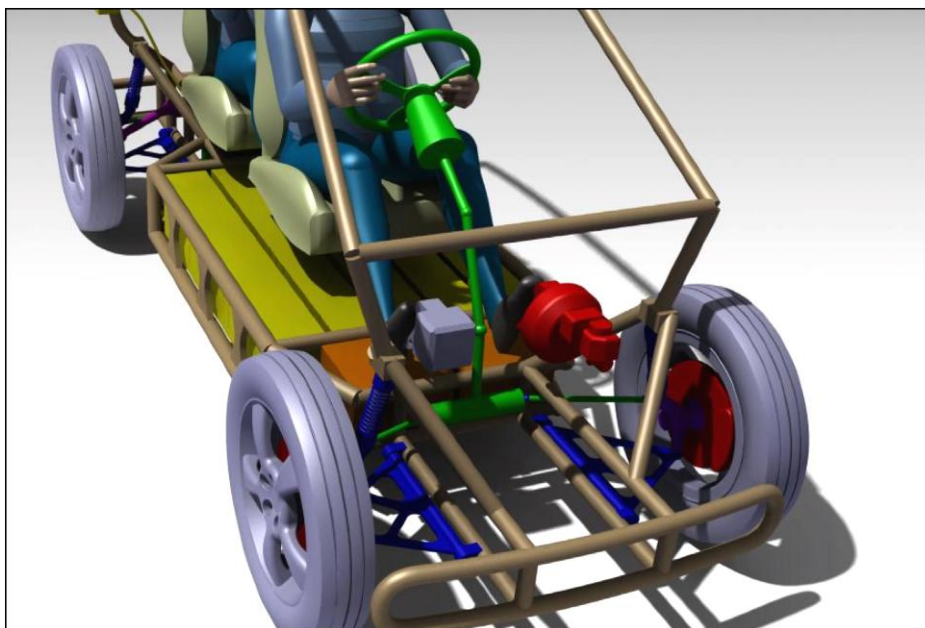
Systémy řízení všech kol

- Každá náprava má vlastní řízení a převodku + aktivní el. systém
- Hydraulické válce působí na mechanismus zavěšení (elastokinematický) – malá vychýlení
- Mechanickým propojením převodek

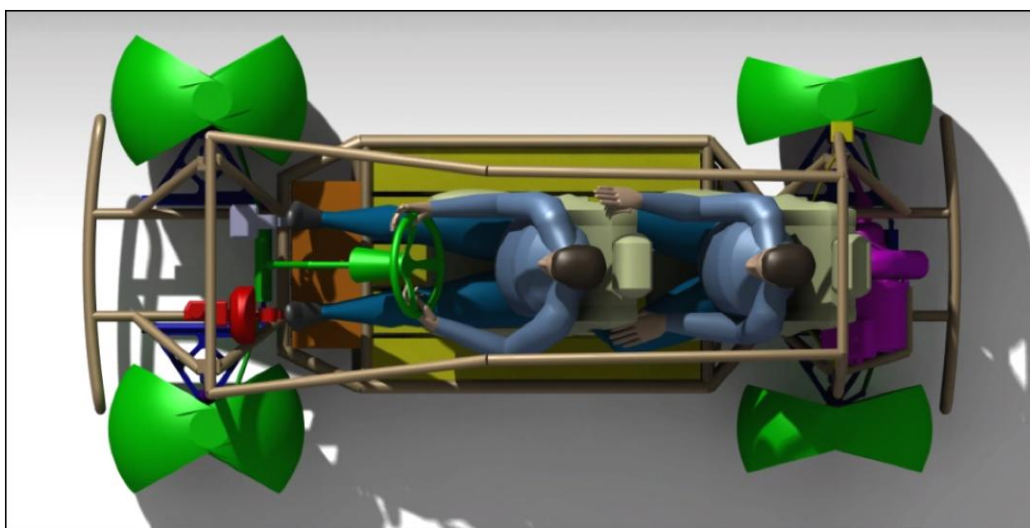
(19)

18.3 Řízení konceptu

V konceptu volím řízení přední nápravy pomocí mechanického hřebenového řízení s možností připojení elektrického posilovače. Pro zlepšení manévrovatelnosti ve městě je možné řídit zadní nápravu. Zadní náprava je ovládána elektricky. Zadnímu kolu je vymezen prostor pro natočení do výchytky 15° . Na obrázku jsou barevně (zelená) vyznačeny systémy řízení elektromobilu (Obr. 18-2). Na další obrázku jsou zobrazeny obálky pro vychýlení kol (zelená, Obr. 18-3, Obr. 18-4).



Obr. 18-2: Řídící systémy elektromobilu

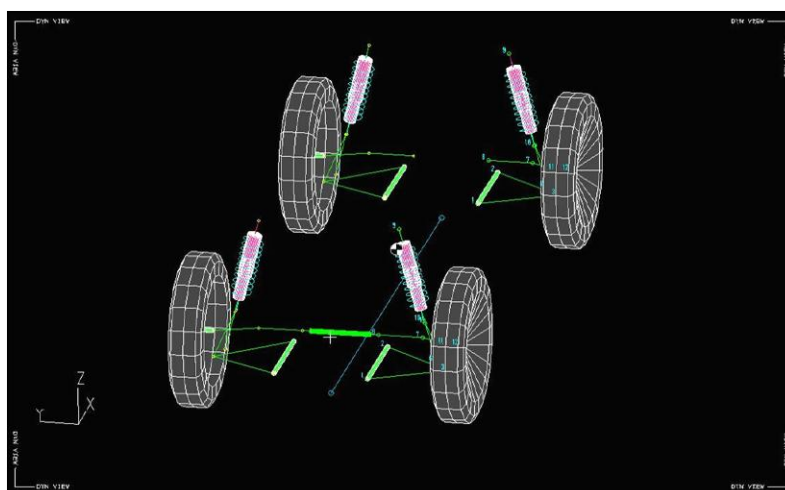


Obr. 18-3: Obálka pro vychýlení kol – horní pohled



Obr. 18-4: Obálka pro vychýlení kol – boční pohled

V konceptu volím řízení přední nápravy pomocí mechanického hřebenového řízení s možností připojení elektrického posilovače pro zlepšení manévrovatelnosti ve městě. Tabulka (Tab. 18-1) zobrazuje hodnoty závislé na vysunutí řídicí tyče a to úhel natočení kola a poloměr, na kterém vozidlo zatočí. Do programu Lotus Suspensional Analysis (Obr. 18-5) jsem definoval základní body a následně zkontroloval, zda posunem bodů nevznikla nevyhovující kinematika nápravy včetně řízení. Tabulka je platná pouze pro přední řízení, v poloměru zatočení není zahrnut parametr natočení zadních kol.



Obr. 18-5: Lotus Suspensional Analysis

Tab. 18-1: Tabulka závislosti vychýlení kola na poloměru zatáčení

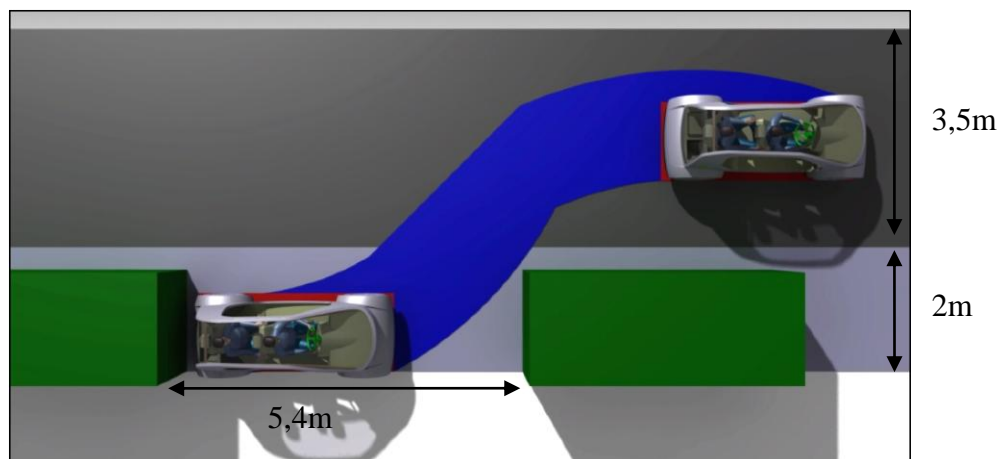
Vysunutí řídicí tyče [mm]	Úhel natočení kola [°]	Poloměr zatočení vozidla [mm]
60	28	6101
55	25	6805
50	20	7911
45	16	9050
40	14	10392
35	12	12063
30	10	14246
25	8	17258
20	6	21732
15	5	29135
10	3	43870
5	1	87935
0	0	0

18.4 Manévrovací schopnosti vztažené k obrysu vozidla

Šířka jízdního pruhu se mění podle kategorie typu silniční komunikace. Zejména se používají šířky: 2,75 m; 3,00 m; 3,25 m; 3,50 m; 3,75 m. Šířka parkovacího a zastavovacího pruhu je 2,00 (1,80 ve stísněných poměrech) (20).

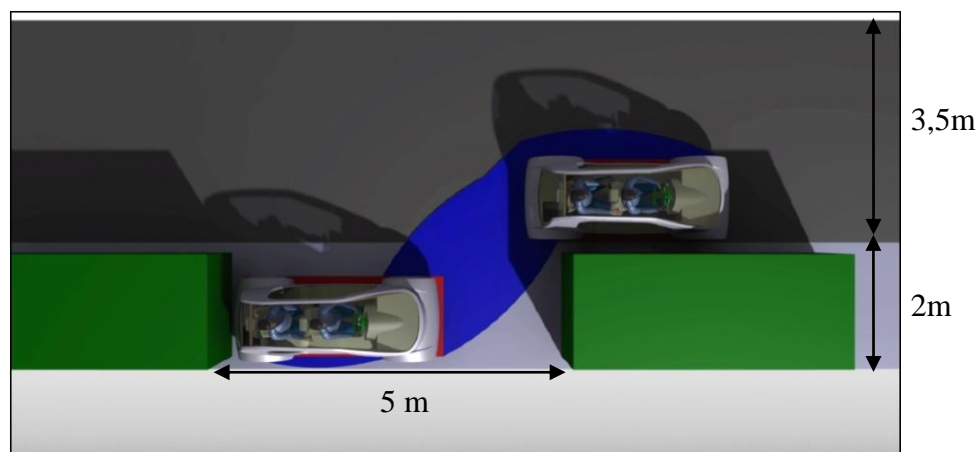
Na obrázcích (Obr. 18-6 a Obr. 18-7) jsou vidět manévrovací schopnosti automobilu (modrá), dále zde jsou zaparkované automobily (zelená, rozměr Škody Fabia) a zjednodušený obrys vozidla (červená).

Zobrazeno pro případ, kdy přední kola jsou vychýlena o 30°.



Obr. 18-6: Manévrovací schopnosti vozidla (řízení přední nápravou)

Zobrazeno pro případ kdy přední kola jsou vychýlena o 30° a zadní o 15° .



Obr. 18-7: Manévrovací schopnosti vozidla (řízení i zadní nápravou)

Z obrázku je patrné, že při přiřizování zadní nápravy je zapotřebí menšího prostoru a je možné zaparkovat do mezery o 400mm menší než bez řiditelné zadní nápravy. Též je i patrné výhodnější vyjetí z řady.

19 Brzdy

Brzdící ústrojí - rozdělení

Při brzdění dochází k přeměně kinetické energie vozidla na energii tepelnou. Správný systém brzdění je důležitý pro bezpečné ovládání vozidla.

Tvoří jej konstrukční systém, který slouží

- Ke zpomalení vozidla
- K zastavení vozidla
- K udržení stojícího vozidla

Složení brzdícího ústrojí

- Ovládací ústrojí (pedál, páka)
- Převod
- Ústrojí přeměny energie (třecí mechanismus)

Požadavky

- Zabezpečit plynulé, bezpečné a rychlé zastavení vozidla
- Snadné ovládání
- Dlouhá životnost
- Stálost parametrů
- Dobrý odvod tepla
- Ochrana před mazivy a nečistotami

Dvouokruhové brzdové systémy osobních automobilů

- Standardní – každý okruh brzdí jednu nápravu. Při poruše jednoho okruhu je zhoršena řiditelnost
- Zapojení HT – jeden okruh ovládá přední a zadní kola, druhý jen přední, brzdění předních kol jištěno oběma okruhy.
- Zapojení LL – jeden okruh brzdí přední kola a jedno zadní, druhý přední kola a druhé zadní
- Zapojení HH – zdvojené brzdění všech kol
- Diagonální zapojení K – v každém okruhu brzděno přední kolo a diagonálně zadní. Jednoduché, ale v případě poruchy vzniká otáčivý moment k těžišti (způsobený rozdílnými brzdnými silami)

19.1 Brzdy konceptu

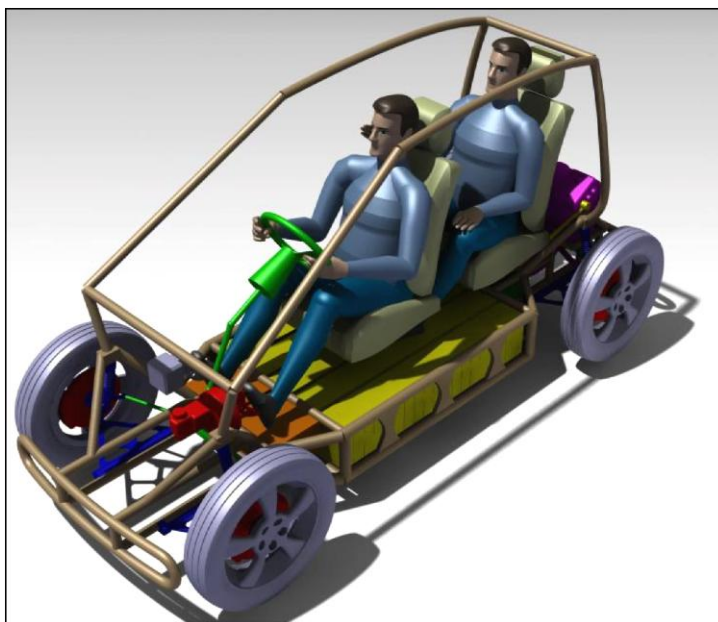
Systém v konceptu volím jako dvouokruhové kapalinové brzdy s elektrickým posilovačem brzd zapojených typem LL,s kotoučovými brzdami na přední i zadní nápravě.

U elektromobilů postrádáme generátor podtlaku z důvodu absence spalovacího motoru. Proto je nutné posilovací účinek brzd zajistit z jiného zdroje například elektro-hydraulicky. Systém se v hlavních částech skládá z hydrogenerátoru (čerpadla) poháněného elektromotorem, rozváděče reagujícího na polohu pedálu a hydraulického válce s pístem pro vytvoření brzdného tlaku.

Systém musí zaručit funkci i při úplném vybití baterií.

19.2 Umístění brzdné soustavy

Na obrázku (červená, Obr. 19-1) je vyobrazeno složení brzdné soustavy

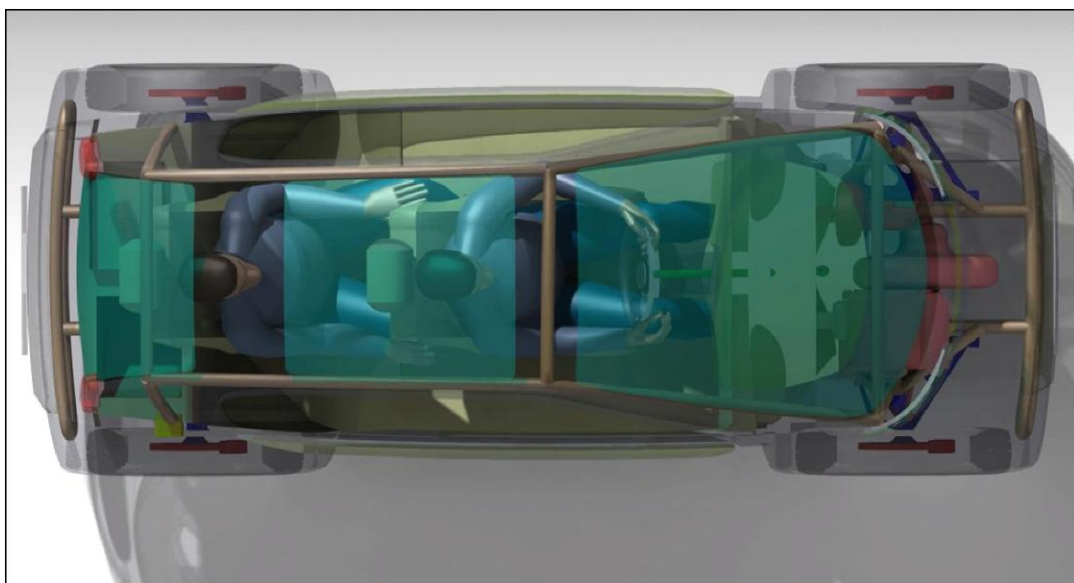


Obr. 19-1: Brzdová soustava

20 Pohledy

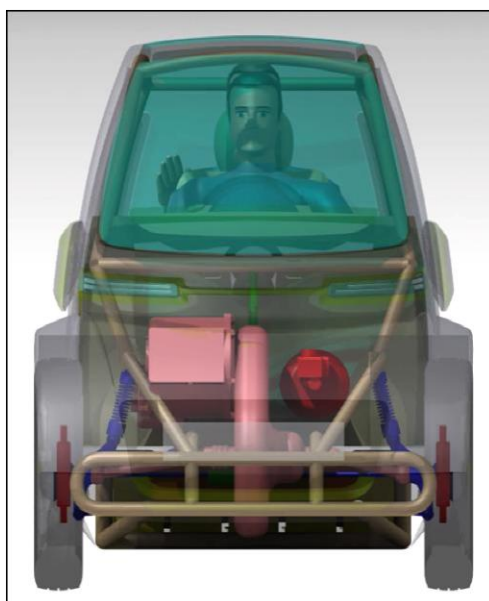
Na obrázcích (Obr.20-1, Obr.20-2, Obr.20-3, Obr.20-4 a Obr. 20-5) je vyobrazeno jednotlivé rozložení agregátů a dílů ve vozidle, v předě pohonné jednotky (motor a převodovka) je vyobrazena jako možné řešení. Obrázek (Obr.20-6) vyobrazuje model automobilu v programu Catia V5R19.

20.1 Horní – Top package



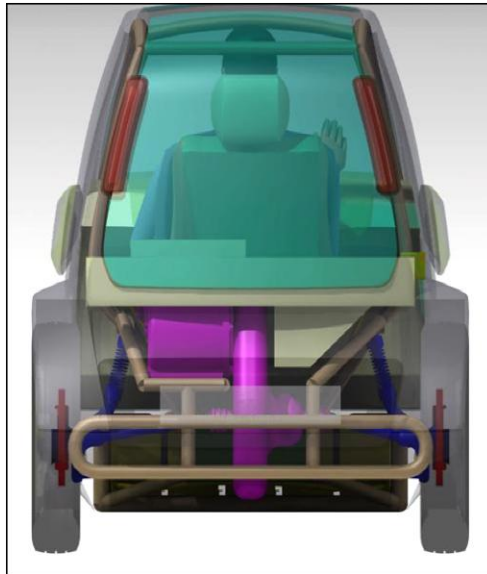
Obr.20-1: TOP Package elektromobilu

20.2 Čelní – Front package



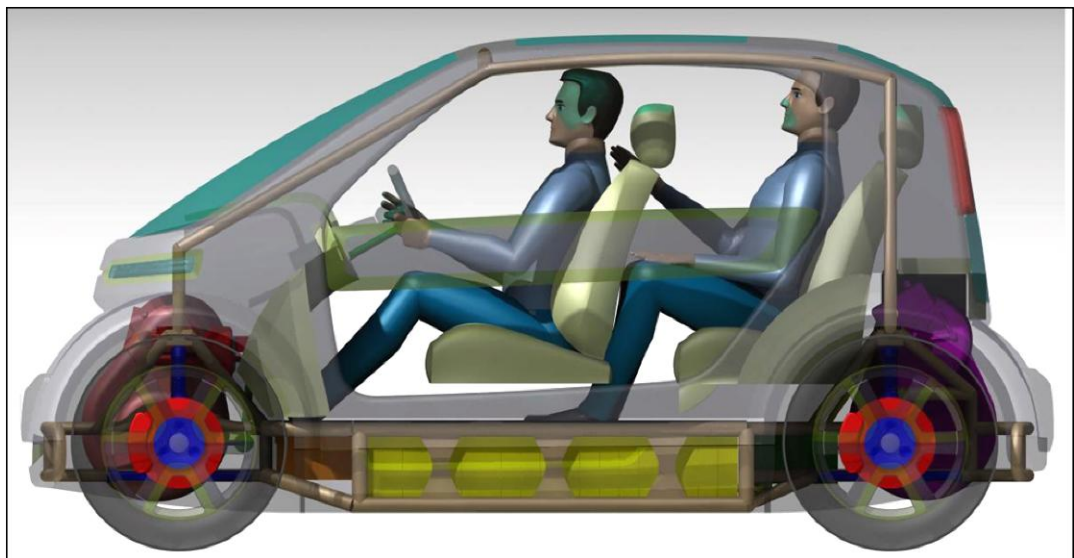
Obr.20-2: Front Package elektromobilu

20.3 Čelní – Back package



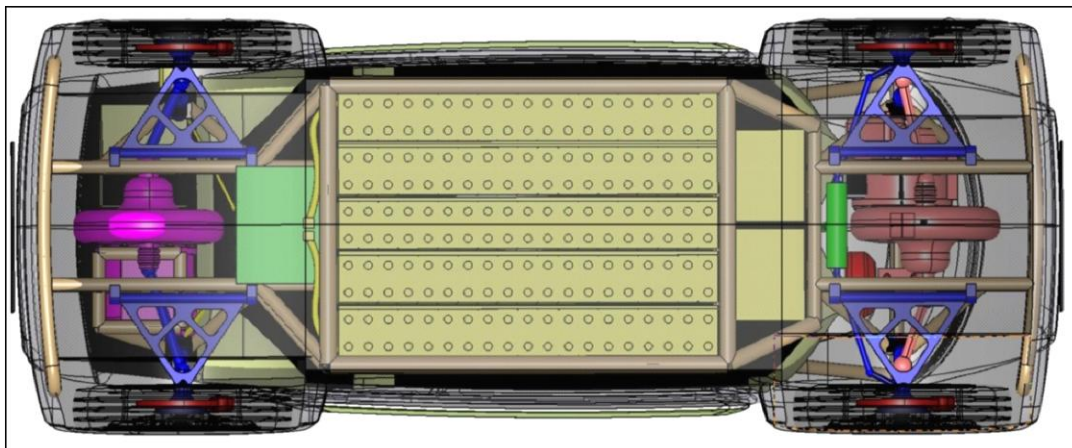
Obr.20-3: Back Package elektromobilu

20.4 Boční–Side package



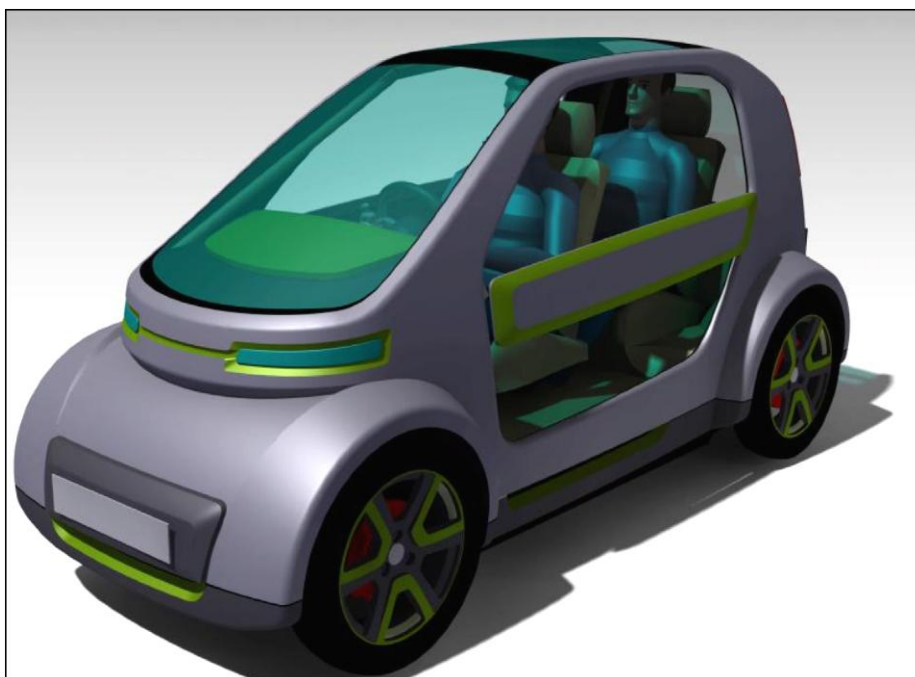
Obr.20-4: Side Package elektromobilu

20.5 Spodní – Bottom package



Obr. 20-5: Bottom Package elektromobilu

20.6 3D.Pohledy

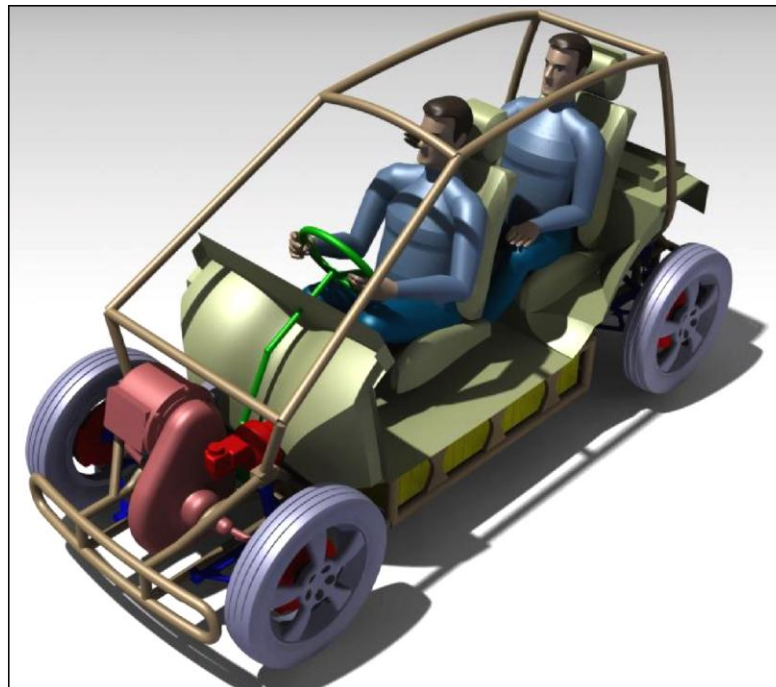


Obr.20-6: Model Catia

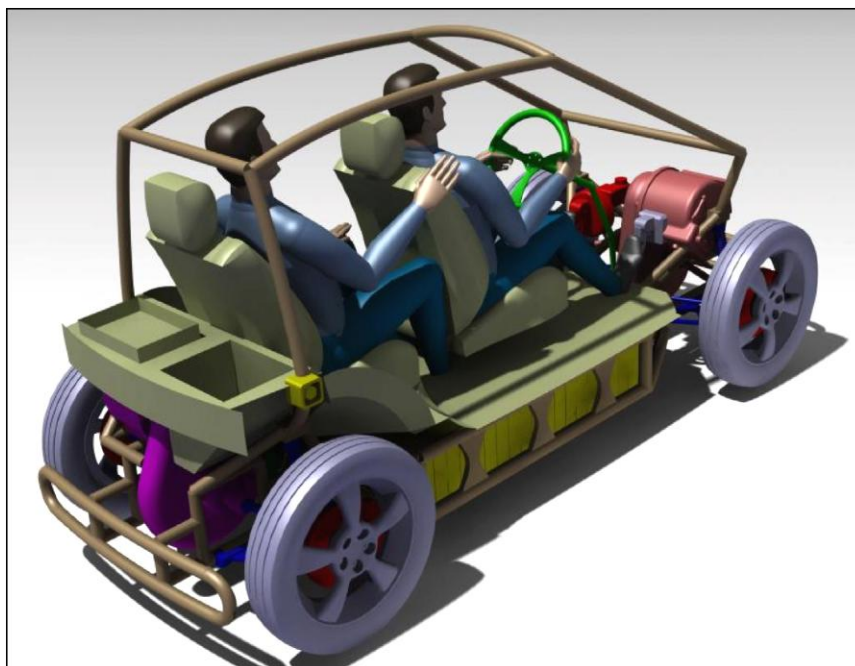


Obr.20-7: Model Catia

Pohledy bez karoserie (Obr. 20-8, Obr. 20-9)



Obr. 20-8: 3D pohled sestavy vozidla (bez karoserie)



Obr. 20-9: 3D pohled sestavy vozidla (bez karoserie)



Obr. 20-10: Vizualizace před TUL

21 Závěr

Otázka alternativních pohonů dopravních prostředků je dnes velmi aktuální. V souvislosti s neustále se rozvíjejícím dopravním zatížením všech městských aglomerací je nutno řešit otázky lokálního (např. centra měst) zlepšení ekologických podmínek. Elektromobily nabízejí výhodné řešení právě pro městské a příměstské oblasti.

Má diplomová práce je zaměřená na navržení konceptu elektromobilu vznikajícího na půdě Technické univerzity v Liberci. Před vlastním návrhem řešení jsem provedl rešerši aktuálního stavu technických poznatků v této oblasti, která v současné době zaznamenává progresivní rozvoj. Díky tomu jsem byl schopen lépe stanovit cíle a směr budoucího vývoje v této problematice. Pro bližší přehled jsem se zaměřil na současné výrobce automobilů Škoda Auto a.s. a Audi. Obě tyto automobilky mají rozdílný pohled na řešení otázek dopravy ve městech. Škoda Auto jde cestou přestavby současných vozidel se spalovacími motory na pohony elektrické. Tím je možné z větší části použít již sériově vyráběné modely, což přináší výrazné zjednodušení v náběhu výroby nových elektromobilů. Naproti tomu se automobilka Audi zaměřila na vývoj zcela nové koncepce a klade důraz na individualitu a moderní vzhled. Po prostudování těchto dvou koncepčně rozdílných postojů jsem byl schopen posoudit jednotlivé trendy řešení, jejich výhody a nevýhody a navrhnout studii nového automobilu s elektrickým pohonem za využití maximálního počtu sériově vyráběných a dostupných komponentů.

Elektromobily se v současné době potýkají s největší slabinou v podobě baterií, a proto jsou koncipovány jako jednoúčelové, výhradně pro městský provoz. Před samotným návrhem bylo nutné stanovit základní podmínky, za kterých bude vozidlo používáno a provozováno. S ohledem na současné možnosti elektrobaterií bude vozidlo určeno pro transport dvou osob v městských a příměstských oblastech na kratší vzdálenosti (za prací, nákupy a zábavou), s běžnými rychlostmi do 80km/h a dojezdem do vzdálenosti 100 km.

Zásadní otázky, které jsem řešil při volbě a návrhu pohonu byly jeho typ, rozměr, výkonové parametry, umístění a další. V rámci konceptu elektromotoru jsem se zabýval i myšlenkou jeho zabudování v kolech, po analýze vazeb a dopadů řešení se však tato varianta ukázala jako zcela nevhodná a proto jsem řešení směřoval k podobným klasickým vozidlům. Pro správnou volbu motoru jsem v počátku stanovil vlastnosti automobilu a jeho jízdní odpory, tím jsem byl schopen určit elektromotor a jeho převod. S postupnou konstrukční činností a kompletací jednotlivých komponentů vozu jsem definoval jeho reálné vlastnosti a za současné aktualizace výpočtů jsem zpřesňoval výsledky.

Velkou výhodou elektromotorů jsou jejich charakteristiky, které umožňují minimalizovat počet převodů. V rámci mé studie jsem volil jeden stálý převod, řešený pomocí ozubeného řemene (reverzace je realizována změnou polaritu elektromotoru).

Jako zdroj energie pro pohon motoru jsem z velkého množství baterií vybral baterie LiFePO₄ s příměsí Ytria. Tyto baterie čínské výroby jsou na velmi dobré úrovni z hlediska kapacit, napětí, doby nabíjení, počtu cyklů a ceny, nicméně jejich nevýhodnými vlastnostmi jsou velikost a hmotnost. Pro pohon automobilu jsem použil 93 článků, které výrobce dodává v kvádrovém provedení. Zástavba baterií v automobilu přináší komplikaci ve formě složitého rámu, což navyšuje hmotnost automobilu. V rámci budoucího rozvoje a vývoje elektromobilů existuje potenciál v dodávání baterií „na míru“, jako kompaktní celky pro konkrétní vozy.

Pro určení dojezdu jsem zvolil následující přístup: z evropského jízdního testu jsem určil rychlost automobilu (rychlost, ve které se nejčastěji vozidlo nachází). Z jízdních odporů jsem stanovil požadovaný výkon motoru a poté jsem volil různé druhy práce baterií a zjišťoval jsem, jak dlouho baterie vydrží při daném výkonu. Následně jsem pomocí součinu rychlosti a času byl schopen stanovit dojezd vozu. Takto získané výsledky jsou ovšem orientační a je nutné si uvědomit, že vycházejí z předpokladů ustáleného stavu. Vozidlo se ve městě pohybuje za různých podmínek a pohybuje se různými rychlostmi, což se samozřejmě projeví v rozdílném dojezdu. Exaktní

stanovení dojezdu je možné pouze za podmínek praktických jízdních zkoušek.

Koncept vozidla je určen pro transport dvou osob sedících za sebou. Důležitým faktorem pro městská vozidla jsou hlavní vnější rozměry. Cílem mého návrhu je konstrukce automobilu s co nejmenšími rozměry v porovnání se současnými vozidly. Skloubit opačné požadavky na pohodlí jízdy posádky a zmenšení automobilu bylo možné pouze za kompromisu, při kterém jsem se v prostoru řidiče snažil zachovat jízdní pohodlí za současné maximální redukce prostoru spolujezdce

U vyvíjeného automobilu se předpokládá laminátová karoserie, proto jsem vytvořil koncepční návrh příhradového rámu. Ten je navržen podle obálky karoserie a požadavků jednotlivých dílů na jejich umístění ve vozidle.

Městský automobil by měl vynikat malými rozměry a vysokou manévrovatelností. Z těchto předpokladů jsem zvolil koncepci přířizování zadních kol. Nápravy přední i zadní jsou netradičně zvoleny stejné a to typu McPhaerson. Současná malá městská vozidla mají zadní klikovou hnanou nápravu. Toto řešení však bylo pro mě zcela nevhodné z hlediska koncepce zadní hnací nápravy a jejího přířizování. Pro brzdění jsem volil kombinaci elektrohydraulických brzd.

Výsledný model automobilu jsem sestavil do takzvaných Package, kdy se jedná o pohledy na vozidlo s barevným odlišením jednotlivých systémů. Díky těmto vizualizacím je možné si lépe představit rozvržení kompletní zástavby elektromobilu.

Snahou při zpracování mé diplomové práce bylo navržení elektromobilu pro možnou realizaci a zároveň pro použitelnost výsledků v projektu SGS 2826/115, čili možnosti návaznosti jiných prací na tento koncept.

Věřím, že se mi zpracováním diplomové práce a navrženým řešením podařilo nasměrovat vývoj elektromobilu vznikajícího na Technické univerzitě v Liberci správným směrem.

22 Seznam literatury

1. Rozdělení elektrovozidel. *ELEKTROMOBILY vyráběné SERIOVĚ*. [Online] [Citace: 5. 11 2011.] <http://www.electroauto.cz/citroen1.html>.
2. Autoforum. [Online] [Citace: 1. 12 2011.] <http://www.autoforum.cz/predstaveni/skoda-octavia-green-e-line-elektromobil-po-cesku>.
3. **Škoda Auto a.s.** *Octavia Greenline*. Liberec : TUL, 29.11.2011.
4. Audi Urbanistický projekt. *netcarsshow*. [Online] [Citace: 5. 12 2011.] http://www.netcarshow.com/audi/2011-urban_concept/.
5. Audi Urban koncept. *Autoweb*. [Online] [Citace: 10. 12 2011.] <http://www.autoweb.cz/fotogalerie-audi-urban-concept-live-2011/7/>.
6. **Jandura, ing. Pavel.** *Diskové elektromotory*. Liberec, 7. 2 2012.
7. **Jandura, ing. Pavel.** *Elektromotory*. Liberec, 7. 2 2011.
8. **Remy International, Inc.** Remy Electric motor. *REMY HVH250-090-SOM ELECTRIC MOTOR*. [Online] [Citace: 10. 2 2011.] www.remyinc.com.
9. Hubless Wheel. *OSMOS Wheel*. [Online] [Citace: 10. 12 2011.] <http://www.osmoswheel.com/index.asp?lang=en>.
10. **Dědek, Ing. Jan.** Design. *Diskuze o designu*. Liberec, 2011 - 2011.
11. **Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček.** www.kvm.tul.cz. www.kvm.tul.cz - *Studijní podklady - Dopravní Technika*. [Online] 2010. [Citace: 20. 12 2011.]
12. Wikipedie. *Wikipedie - Baterie*. [Online] [Citace: 11. 2 2012.] www.wikipedie.cz.
13. Baterie. *LiFePO4*. [Online] [Citace: 11. 2 2011.] <http://www.dobrebaterie.cz/inshop/scripts/show.asp?page=nabijeni.htm>.
14. **Jandura, ing. Pavel.** *Baterie*. Liberec, 14. 2 2011.
15. **TYMA.** www.tyma.cz. *Řemeny, převody a lineární technika*. [Online] 5. 5 2012. <http://www.tyma.cz/produkty/remeny/ozubene/synchrochain/>.
16. **Vlk, František.** *Karosérie motorových vozidel*. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
17. **Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček.** www.kvm.tul.cz. www.kvm.tul.cz - *Studijní podklady - KDMSII - Rámy*. [Online] [Citace: 19. 4 2012.]
18. **Němeček, Doc. Dr. Ing. Pavel.** www.kvm.tul.cz. www.kvm.tul.cz - *Studijní podklady - KDMS*. [Online] [Citace: 11. 4 2012.]

19. **Ph.D., Ing. Pavel Brabec.** www.kvm.tul.cz. www.kvm.tul.cz - *studijní podklady - In-Tech 2_4WS*. [Online] [Citace: 4. 11 2012.]

20. **Ostrava, Vysoká škola Báňská - Technická univerzita.** Přednáška č. 4 – PŘÍČNÉ USPOŘÁDÁNÍ POZEMNÍ KOMUNIKACE. [Online] [Citace: 5. 5 2012.] <http://fast10.vsb.cz/mahdalova/doprstav/pred04mi.pdf>.

23 Seznam obrázků

Obr. 4-1: Package Škody Octavie	17
Obr. 5-1: Audi urbanistický projekt	20
Obr. 5-2: Exteriér vozu	22
Obr. 5-3: Interiér vozu	23
Obr. 9-1: 1. varianta – futuristická tříkolka	31
Obr. 9-2: Hubless Wheel - sestava (9)	32
Obr. 9-3: Hubless Wheel – částečný řez (9)	32
Obr. 9-4: 2. Varianta	33
Obr. 9-5: 3. Varianta	34
Obr. 9-6: Finální varianta (10)	35
Obr. 9-7: Skica pohledu ze shora (10)	36
Obr. 9-8: Skica (10)	37
Obr. 9-9: Skica (10)	37
Obr. 9-10: Skica (10)	38
Obr. 14-1: Kinematické schéma hnacího ústrojí elektrovozidla	55
Obr. 15-1: Rozměry třírozměrné figuríny 95% muže	57
Obr. 15-2: Usazení figurín ve vozidle	58
Obr. 16-1: Rám vozidla	60
Obr. 17-1: Přední hnací náprava elektromobilu	63
Obr. 17-2: Zadní náprava – možnost odebrání stupně volnosti	64
Obr. 17-3: Zadní hnací náprava elektromobilu	64
Obr. 17-4: Čtvrtinový model automobilu	66
Obr. 17-5: Zdroj	67
Obr. 17-6: Model v Matlabu - Simulink	67
Obr. 18-1: Souhlasné a nesouhlasné řízení	72
Obr. 18-2: Řídící systémy elektromobilu	73
Obr. 18-3: Obálka pro vychýlení kol – horní pohled	73
Obr. 18-4: Obálka pro vychýlení kol – boční pohled	74
Obr. 18-5: Lotus Suspensional Analysis	74

Obr. 18-6: Manévrovací schopnosti vozidla (řízení přední nápravou)	76
Obr. 18-7: Manévrovací schopnosti vozidla (řízení i zadní nápravou)	76
Obr. 19-1: Brzdová soustava	78
Obr.20-1: TOP Package elektromobilu	79
Obr.20-2: Front Package elektromobilu	80
Obr.20-3: Back Package elektromobilu.....	80
Obr.20-4: Side Package elektromobilu.....	80
Obr. 20-5: Bottom Package elektromobilu	81
Obr.20-6: Model Catia.....	81
Obr.20-7: Model Catia.....	82
Obr. 20-8: 3D pohled sestavy vozidla (bez karoserie).....	82
Obr. 20-9: 3D pohled sestavy vozidla (bez karoserie).....	83
Obr. 20-10: Vizualizace před TUL.....	83
Obr. 0-1: Interiér Škody Octavie	91

24 Seznam tabulek

Tab. 3-1: Přehled výrobců a parametrů elektromobilů (1)	16
Tab. 4-1: Režimy jízdy škody Octavia	18
Tab. 8-1: REMY HVH250-090-SOM	28
Tab. 10-1: Základní parametry vozidla	38
Tab. 10-2: Obvyklé hodnoty pro odpor vzduchu a čelní plochu vozidel.....	39
Tab. 10-3: Výsledné parametry vozidla pro odpor vzduchu.....	39
Tab. 10-4: Orientační tabulka pro součinitel odporu valení f.....	40
Tab. 10-5: Výsledné parametry vozidla pro odpor valení	40
Tab. 10-6: Výsledné parametry vozidla pro odpor stoupání	41
Tab. 10-7: Výsledné parametry vozidla pro odpor zrychlení.....	42
Tab. 12-1: Tabulka srovnání nejpoužívanějších typů baterií.....	46
Tab.12-2: Rozměrové srovnání objemu baterií ve vozidle.....	50
Tab. 12-3: Důležité parametry baterie	50
Tab. 13-1: Volené parametry účinností	52
Tab. 13-2: Tabulka dojezdů pro různé druhy kapacit baterií.....	53
Tab. 14-1: Parametry, které mají vliv na celkový převod	54
Tab. 15-1: Výšky sedadel a rozsah posuvu sedadla.....	57
Tab. 17-1: Parametry pro Simulink	65
Tab. 18-1: Tabulka závislosti vychýlení kola na poloměru zatáčení.....	75

25 Seznam grafů

Graf 8-1: Graf závislosti momentu na otáčkách motoru	29
Graf 8-2: Graf závislosti výkonu na otáčkách motoru	29
Graf 8-3: Graf závislosti účinnosti na otáčkách motoru	30
Graf 10-1: Součinitel odporu valení f	40
Graf 11-1: Graf hnací charakteristiky	43
Graf 11-2: Graf závislosti stoupavosti na rychlosti	43
Graf 11-3: Graf závislosti zrychlení na rychlosti	44
Graf 11-4: Graf silové charakteristiky	45
Graf 14-1: Graf závislosti otáček motoru na rychlosti	55
Graf 17-1: Budící signál	68
Graf 17-2: Výchylka 1. hmoty (kolo)	68
Graf 17-3: Výchylka 2. hmoty (rám)	69
Graf 17-4: Výchylka 3. hmoty (posádka)	69

26 Seznam příloh

25.1 Příloha 1: Interiér/Exteriér	91
25.2 Příloha 2: Použitelné typy rámců	92
25.3 Příloha 3: Použitelné typy náprav	94
25.4 Příloha 4: Brzdy	97
25.5 Příloha 5: AO výkres sestavy automobilu s předním pohonem	98
25.6 Příloha 6: AO výkres sestavy automobilu se zadním pohonem	98
25.7 Příloha 7: A3 výkres hnací řemenice automobilu	98
25.8 Příloha 8: A3 výkres hnací řemenice automobilu	98

25.1 Příloha 1: Interiér/Exteriér

Vedle nového systému pohonu je Octavia Green E-Line zajímavá i svým designem. Její karoserie je nalakována perleťovou bílou barvou, která je doplněna chromovanými prvky na kolech. S tím kontrastují tmavé obrysy oken stejně jako lesklá černá střecha vybavená velkoplošnými solárními panely.

Černá a bílá hrají prim i v interiéru. Bílé dekorační prvky a středový panel kontrastují s přístrojovou deskou v barvě Onyx. Přední sedadla s výrazným tvarováním jsou čalouněna kombinací bílé a černé kůže (Obr. 0-1)

Baterie nezabírá příliš mnoho místa v interiéru. Pro posádku je k dispozici pět plnohodnotných míst k sezení a zavazadlový prostor nabízí objem minimálně 490 litrů, což je o 115 litrů méně než u běžného modelu Octavia Combi.

Škoda Auto v roce 2012 plánuje nasadit flotilu elektrických Octavií do běžného provozu, kde mají ukázat své schopnosti při každodenním používání. (3)



Obr. 0-1: Interiér Škody Octavie

25.2 Příloha 2: Použitelné typy rámu

Rám žebřinový

- Skládá se ze dvou podélných nosníků, které mají nejčastěji otevřený průřez U nebo I. Tyto podélné nosníky jsou vzájemně spojeny příčnými nosníky. Spoje jsou nýtované nebo svařované s případnými šroubovými spoji.
- Podélníky mohou být v místě náprav tvarovány pro umožnění propnutí.

Úhlopříčkový rám

- Skládá se ze dvou podélníků. Ty jsou vzájemně spojeny příčnými nosníky (vpředu a vzadu, případně na dalších místech). Uprostřed konstrukce je dvojice úhlopříček.
- Úhlopříčky zvyšují tuhost rámu.

Křížový rám „X“

- Skládá se ze dvou podélníků, které se ve střední části vzájemně přibližují. Příčnky vyčnívají z podélníků do stran.

Páteřový rám

- Jedná se o označení konkrétního provedení automobilového podvozku, využívající modulovou konstrukci nosné roury (páteřový nosník) a náprav s výkyvnými poloosami (kyvadlové nápravy).
- Koncepte tohoto rámu je velmi výhodná pro vozidla pohybující se v těžkém terénu.
- Díky nezávislému odpružení všech náprav lze dosahovat vyšších rychlostí i v terénu.
- Na páteřový nosník je vpředu pomocí příruby uchycen motor, vzadu skříň rozvodovky.
- Páteřovým nosníkem obvykle prochází spojovací hřídel.
- Rám se vyznačuje značnou pevností, zejména v krutu.
- Neumožňuje pružné uložení motoru a částí hnacího ústrojí, a to zesiluje hluk působený jejich vibracemi.

Rám páteřový rozvidlený

- Umožňuje pružné uložení motoru. Tato konstrukční úprava odstraňuje nevýhodu předchozí konstrukce.

Rám plošinový

- Ocelová podlaha karosérie tvoří nedílný celek s rámem
- Rám může být tvořen zahnutými okraji plošiny, je tedy z jednoho kusu nebo je plošina vytvořená samostatně a spojena s obdélníky rámu.
- Tato konstrukce představuje přechod mezi samonosnou karosérií a rámem.
- Plošinový rám byl použit například u vozu Trabant

Rám příhradový

- Tento rám je tvořen příhradovou konstrukcí z plechových výlisků. Používá se mimo jiné u novějších autobusů a formulí.
- Jednoduchost
- Lze ho doplnit do samonosné karoserie => zvýšení bezpečnosti

Rám obvodový (perimetrický)

- Podélníky jsou ve střední části rozšířené až na šířku karoserie, v místě přední a zadní nápravy se sužují.
- Karoserie je ve své střední části podepřena a proto může mít lehčí nosnou konstrukci.

Smíšený rám

- Je kombinací vybraných konstrukčních prvků z předchozích rámu.

(17)

25.3 Příloha 3: Použitelné typy náprav

Druhy zavěšení kol

- Závislé – kola na společném příčném nosníku (mostu), celek (tuhá náprava) je kinematicky vnímán jako jedno těleso - kola se navzájem ovlivňují
- Nezávislé – každé kolo zavěšeno samostatně, kola se při propružení přímo neovlivňují

Lichoběžníková náprava

Průmět do roviny kolmé na směr jízdy tvoří lichoběžník. Nevýhodou této nápravy je změna geometrie při propružení a naklonění karoserie. Při propružení dochází ke změně odklonu a bočnímu posunu kola a při naklonění karosérie je změna geometrie tím větší, čím blíže je ke kolu pól klopení. Poloha středů klopení karoserie plyne ze vzájemného sklonu příčných ramen (rovnoběžná ramena mají střed klopení blížící se nekonečnu).

Výhody:

- Z polohy ramen je jasně definována změna geometrie (výška středu klopení, výška středu klonění)
- Náprava vychází velmi nízká (plochá)
- Vhodná pro lehké nákladní automobily, ale i pro autobusy (KAROSA)
- Okamžitý střed klonění, myšlený bod (pevně spojený s karoserií), kolem kterého se kolo při svém propružení otáčí v podélné rovině.

Střed klonění musí ležet co nejblíže k těžišti vozidla, nevznikají klopné momenty při akceleraci a ani při brždění. Zatížení kola (svislá reakce) je do karosérie přenášena především pružinou. Ramena jsou řešena jako trojúhelníková (2 úložné body musí přenést moment). Spodní rameno je silnější (je více namáháno) – leží blíže k působišti sil. Pružiny jsou uloženy převážně v dolním rameni (malé pohyby dovolují tuhé uložení, pružina vychází delší).

Náprava McPhaerson

- Tato náprava je odvozena z lichoběžníkové nápravy, kde horní rameno je nahrazeno posuvným vedením.
- Lze použít pro řízení. Kolo se pak točí kolem osy teleskopické vzpěry.
- Podélné a boční síly jsou zachyceny silovými dvojicemi na karosérii.
- Posuvný člen je hydraulický tlumič, jehož pístnice vycházejí větší a silnější.
- Pružina často vedena vodící trubicí.
- Podélné a příčné síly zvětšují třecí sílu v tlumiči (nebezpečí zablokování tlumiče), horní ložisko pružně uloženo, pružina vyosena vůči tlumiči
- Kolo mění odklon při propružení - kmitání řízení, způsobené gyroskopickým momentem
- McPherson na zadní neřízené nápravě - dlouhá trojúhelníková ramena, odpadá ložisko tlumiče, malá změna odklonu

Kyvadlová úhlová náprava

- Používá se na zadní nápravy
- Osa kývání je v půdorysu šikmá - „šikmý závěs“
- Většinou osa kývání šikmá i v nárysu
- Při propružení vzniká samořízení, které má nedotáčivý účinek
- U poháněných náprav musí být kvůli změnám rozchodu zajištěna změna

Kyvadlová náprava

- Skládá se z nosníku kolmého k podélné ose vozidla, na němž je uloženo kolo
- Osa kola je totožná s osou nosníku
- Nosník se kývá kolem osy rovnoběžné s osou x
- Větší změny geometrie při propružení
- Nerovnoměrné opotřebení pneumatik
- Jednoduchost
- Spolehlivost

Kliková náprava

- Skládá se z podélného ramene s příčnou osou kývání (kolmou k podélné rovině vozidla)
- Používá se většinou pro nepoháněné zadní nápravy
- Zabírá málo místa - je vhodná pro vozidla Combi a pro vozidla s velkými 5. dveřmi nebo sklopnými zadními sedadly
- Uložení tvořeno převážně pryžovými ložisky
- Pružiny co nejbliže k dotykovému bodu kola s vozovkou (redukce svislého zatížení ložisek)
- Střed klopení leží v nekonečnu - střed klopení leží v rovině vozovky
- Změna odklonu vzniká jen klopením karoserie
- K pružení se používá často torzních tyčí

Nevýhoda:

- zvětšené klopení v zatáčce

Kliková náprava s propojenými rameny

Kliky klikové nápravy jsou propojeny ohybově tuhou a torzně měkkou příčkou (většinou tvaru U), která slouží jako stabilizátor. Je to přechod mezi podélnou klikovou a tuhou nápravou. Při protiběžném propnutí dochází ke změně odklonu

Výhody:

- Snadná montáž a demontáž
- Malý zástavbový prostor, málo konstrukčních dílů
- Malá hmotnost neodpružených částí
- Stabilizace
- Malá změna sbíhavosti, rozchodu a odklonu
- Nedotáčivé samořízení
- Vhodná poloha středu klonění

Nevýhody:

- Nelze použít pro poháněnou nápravu
- Tendence k přetáčivosti vlivem bočních sil
- Vysoké namáhání svarů příčky

Zavěšení typu MULTILINK

Kola jsou podélně a příčně ustavena prostřednictvím několika ramen.

- Optimálně nastavuje požadované kinematické vlastnosti
- Řeší požadavky na dynamiku jízdy, jízdní komfort a zastavěný prostor
- Přesněji vede kola s minimální změnou geometrie
- Zvyšuje stabilitu
- Má menší rozměry a hmotnost zavěšení

(18)

25.4 Příloha 4: Brzdy

Rozdělení brzd

Podle účelu použití

- Provozní
- Pomocné (podporují účinek provozní brzdy)
- Nouzové (alespoň na jedno kolo z každé strany)

Podle zdroje energie

- Mechanické
- Kapalinové
- Vzduchové

Podle ovládacího ústrojí

- Nožní
- Ruční
- Nájezdové
- Gravitační
- Samočinné

Podle brzděných částí

- Kolové
- Převodové
- Motorové

Podle třecích elementů

- Pásové
- Čelistové (bubnové)
- Diskové (kotoučové)

25.5 Příloha 5: AO výkres sestavy automobilu s předním pohonem

25.6 Příloha 6: AO výkres sestavy automobilu se zadním pohonem

25.7 Příloha 7: A3 výkres hnací řemenice automobilu

25.8 Příloha 8: A3 výkres hnací řemenice automobilu